

Universitat de Lleida

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular: meta-análisis de su eficacia

José Vicente Beltrán Garrido

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Universidad de Lleida (UDL)

Departamento de Medicina Experimental

**Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, Lleida
(INEFC-Lleida)**

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular: meta-análisis de su eficacia

Tesis presentada por José Vicente Beltrán Garrido

Directores: Dr. Salvador Olaso Climent y Dr. Xavier Peirau Teres

Doctorado en Fundamentos Metodológicos de la Investigación de
la Actividad física y el Deporte

Lleida, 8 de Abril de 2011

Sumario

AGRADECIMIENTOS.....	7
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y SIGLAS.	8
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABLAS.....	14
LÍSTA DE FÓRMULAS.....	20
RESUMEN.	21
RESUM	22
ABSTRACT.....	23
0. INTRODUCCIÓN.	24
0.1. Importancia de la fuerza en el rendimiento deportivo.....	24
0.2. El método contrastes.	24
1. JUSTIFICACIÓN.....	50
1.1. Justificación de la tesis.....	50
1.2. Justificación de la metodología meta-analítica.	50
2. OBJETIVO DE LA TESIS	55
3. HIPÓTESIS.....	56
4. PARTE I: EL META-ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL MÉTODO CONTRASTES SOBRE EL RENDIMIENTO MUSCULAR A CORTO PLAZO (MACP).	57
4.1. Objetivos.....	57
4.2. Metodología.....	58

4.3. Resultados.....	77
4.4. Discusión y conclusiones.	92
5. PARTE II: EL METAANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL MÉTODO CONTRASTES SOBRE EL RENDIMIENTO MUSCULAR A LARGO PLAZO (MALP).....	96
5.1. Objetivos.....	96
5.2. Metodología.	96
5.3. Resultados.....	105
5.4. Discusión y conclusiones.	118
6. CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE TESIS.	121
7. LIMITACIONES DE LOS META-ANÁLISIS.	122
8. PERSPECTIVAS FUTURAS.	123
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
APÉNDICE I. ESTUDIOS DEL META-ANÁLISIS A CORTO PLAZO.....	134
APÉNDICE II. MANUAL DE CODIFICACIÓN I.....	138
APÉNDICE III. TABLAS DE REGISTRO I.....	145
APÉNDICE IV. TABLA DE REGISTRO DE LOS TAMAÑOS DEL EFECTO... 	146
APÉNDICE V. BASE DE DATOS COMPLETA DE LOS ESTUDIOS DEL META- ANÁLISIS A CORTO PLAZO.....	147
APÉNDICE VI. ESTUDIOS DEL META-ANÁLISIS A LARGO PLAZO.....	156
APÉNDICE VII. MANUAL DE CODIFICACIÓN II.	158
APÉNDICE VIII. TABLAS DE REGISTRO II.	165
APÉNDICE IX. TABLA DE REGISTRO DE LOS TAMAÑOS DEL EFECTO... 	166

APÉNDICE X. BASE DE DATOS COMPLETA DE LOS ESTUDIOS DEL META-ANÁLISIS A LARGO PALZO.	167
APÉNDICE XI. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LOS RESULTADOS DEL META-ANÁLISIS A CORTO PLAZO.	170
APÉNDICE XII. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LOS RESULTADOS DEL META-ANÁLISIS A LARGO PLAZO.	177

El presente escrito corresponde al documento de la tesis doctoral llevada a cabo durante los años 2009 y 2010, correspondientes a la segunda etapa de la beca FI que me otorgó la entidad A.G.A.U.R. (Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca) el 1 de enero de 2007, con el apoyo del Departamento de Educación y Universidades de la "Generalitat de Catalunya" y el Fondo Social Europeo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ...

A mis padres por su confianza y apoyo incondicional.

Al Sr. Miquel Gomila por enseñarme a disfrutar de los pequeños detalles de la rutina, ahora te toca a ti.

Al Dr. Francesc Corbi por aumentar mi interés en la investigación de campo.

Al Dr. Toni Planas por su paciencia.

Al Dr. Julio Sánchez-Meca por sus consejos metodológicos.

A mis directores de tesis Dr. Salvador Olaso y Dr. Xavier Peirau por incitarme primero y guiarme después hacia la consecución del doctorado.

Al personal de la biblioteca del INEFC de Lleida por su atención y ayuda en la búsqueda bibliográfica y la recuperación de recursos electrónicos “imposibles”.

Al INEFC Lleida por su formación, apoyo material y humano.

Al AGAUR, por la beca de investigación FI.

A todas esas personas que me han hecho comprender que tan importante es el trabajo como el descanso.

...porque sin todos vosotros esta tesis no habría sido posible.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y SIGLAS.

Δ : diferencia de cambio medio estandarizado entre las medias del pretest y del posttest de los grupos experimentales y los grupos controles, también llamado “diferencia de cambio medio estandarizada”. Índice del tamaño del efecto de la familia “d”.

CMJ: Counter Movement Jump, siglas en inglés del salto con contramovimiento.

dCambio: diferencias de puntuaciones de cambio estandarizada, índice del tamaño del efecto de la familia “d”.

DJ: Drop Jump, siglas en inglés del salto con caída previa.

DPA: Depresión Post-activación.

EEII: Extremidades Inferiores.

EEM: Electroestimulador o estimulación eléctrica muscular.

EES: Extremidades Superiores.

FEM: Fixed Effect Model, siglas en inglés del modelo de cálculo de efecto fijo.

FT: Fast Twieth, fibras de contracción rápida.

I²: Estadístico que estima la proporción de la varianza observada que es verdadera.

I.C.: Intervalo de confianza.

IMF: Índice de Manifestación de la Fuerza ver también RFD.

MA: Meta-Análisis.

MACP: Meta-análisis a corto plazo.

MALP: Meta-análisis a largo plazo.

MVC: Maximal Voluntary Contraction, siglas en inglés de la contracción máxima voluntaria isométrica, en español se suele abreviar como CVM.

Nfs: Fail safe N, índice de tolerancia a los resultados nulos.

PAP: Post-Activation Potentiation, siglas en inglés del término potenciación post-activación (PPA).

Po: Fuerza osmétrica máxima.

PPT: Potenciación post-tetánica.

PR: Potenciación refleja, ver también PAP.

r': Tiempo de descanso entre las series de repeticiones ejecutadas.

REM: Random Effects Model, siglas en inglés del modelo de cálculo de efectos de aleatorios.

RFD: Rate of Force Development, siglas en inglés del índice de manifestación de la fuerza ver también IMF.

Reflejo-H: Reflejo Hoffman.

RM: Repetición máxima.

ST: Slow Twich, fibras de contracción lenta.

TE: Tamaño del Efecto.

V(dCambio): varianza de la diferencia de puntuaciones de cambio estandarizada.

Vmáx: Velocidad máxima de acortamiento.

W: Peso del estudio, ponderación que se le aplica a cada estudio a la hora de calcular el tamaño del efecto medio.

Lista de figuras.

- Figura 1. Estructuración de las características físicas en torno la fuerza muscular como capacidad física fundamental. Fuente: Tous, 2005 24
- Figura 2. Esquema de una PAP tras una MVC de 10 s. Fuente: Bustos, 2007 31
- Figura 3. Relación de la fuerza-frecuencia en una contracción isométrica. La fuerza aumenta con el nivel de frecuencia hasta que llega un nivel en el que se estanca aunque siga aumentando la frecuencia de estimulación (línea continua). Después de la actividad condicionante, la PAP (línea discontinua) incrementará la fuerza de baja frecuencia pero no la fuerza de alta frecuencia. Al mismo tiempo, la actividad condicionante puede, debido a la fatiga, disminuir la fuerza de alta frecuencia. Fuente: D. G. Sale, 2002 33
- Figura 4. Efecto hipotético de la PAP en la relación fuerza (carga)-velocidad. La PAP no puede incrementar la fuerza máxima isométrica (P_o) ni la máxima velocidad de acortamiento ($V_{m\acute{a}x}$), porque P_o y $V_{m\acute{a}x}$ están determinadas por la estimulación de alta frecuencia. En cambio, la PAP puede incrementar el índice de manifestación de la fuerza (IMF ó RFD) a altas frecuencias, un efecto que puede incrementar la aceleración y de ahí la velocidad alcanzada con cargas intermedias entre los extremos de P_o y $V_{m\acute{a}x}$, si esto ocurriera, la relación carga-velocidad se desplazaría hacia arriba y hacia la derecha. Fuente D. G. Sale, 2002 35
- Figura 5. Efecto del tipo de contracción en la relación fuerza-frecuencia y el rango de frecuencia sobre el cual la PAP se extiende. Se compara una contracción isométrica y una acción concéntrica rápida. Una frecuencia mayor es requerida para alcanzar la meseta o el pico de fuerza (línea continua) en la contracción concéntrica. También la PAP inducida por una actividad condicionante (línea discontinua) se extiende hacia mayores frecuencias en la acción concéntrica. Hay que tener en cuenta que la máxima fuerza isométrica es mayor que la máxima fuerza concéntrica, en concordancia con la relación fuerza-velocidad. También, en este ejemplo, la fatiga producida por la actividad condicionante causó una disminución en la fuerza de alta frecuencia. Fuente: D. G. Sale, 2002 36
- Figura 6. Coexistencia de potenciación y fatiga. Fuente: Bustos, 2007..... 43

Figura 7. Esquema de la prueba de significación	52
Figura 8. Esquema de los pasos seguidos para la identificación de la literatura del MACP	61
Figura 9. Esquema de las variables moderadoras del MACP	63
Figura 10. Representación gráfica del proceso de análisis estadístico del meta-análisis	71
Figura 11. Forest plot de las unidades de análisis del MACP	83
Figura 12. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre los años de entrenamiento de los participantes.....	88
Figura 13. Esquema de los pasos seguidos para la identificación de la literatura del MALP	99
Figura 14. Forest plot las unidades de análisis del MALP	110
Figura 15. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la intensidad	170
Figura 16. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las series.....	170
Figura 17. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las repeticiones	171
Figura 18. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la recuperación inter-repeticiones.....	171
Figura 19. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la recuperación inter-series	172
Figura 20. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la edad de los participantes	172
Figura 21. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la altura de los participantes	173

Figura 22. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el peso de los participantes	173
Figura 23. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el género de los participantes	174
Figura 24. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la fuerza absoluta de los participantes.....	174
Figura 25. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la fuerza relativa de los participantes.....	175
Figura 26. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la calidad del estudio	175
Figura 27. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el año de publicación del estudio	176
Figura 28. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la muestra del estudio	176
Figura 29. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la duración del tratamiento	177
Figura 30. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la frecuencia del tratamiento	177
Figura 31. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las sesiones de tratamiento	178
Figura 32. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la ejercicios de fuerza del tratamiento.....	178
Figura 33. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la intensidad de los ejercicios de fuerza del tratamiento.....	179
Figura 34. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la series de fuerza del tratamiento.....	179

Figura 35. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las repeticiones de los ejercicios de fuerza.....	180
Figura 36. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las recuperación inter-series de los ejercicios de fuerza.....	180
Figura 37. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las recuperación fuerza- pliometría.....	181
Figura 38. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre los ejercicios de pliometría	181
Figura 39. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las series de pliometría	182
Figura 40. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las repeticiones de los ejercicios de pliometría	182
Figura 41. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la recuperación inter-series de los ejercicios de pliometría	183
Figura 42. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la edad de los participantes	183
Figura 43. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la altura de los participantes	184
Figura 44. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el peso de los participantes	184
Figura 45. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la calidad del estudio.....	185
Figura 46. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el año de publicación del estudio.....	185
Figura 47. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la muestra del estudio.....	186

Lista de tablas.

Tabla 1 Características generales del método de contrastes	28
Tabla 2 Resumen de los beneficios generales de la PAP sobre el rendimiento muscular.....	36
Tabla 3 Resumen de los beneficios de la PAP en función de la especialidad deportiva.....	39
Tabla 4 Variables que intervienen en el método de contrastes.....	40
Tabla 5 Principales características de los modelos de cálculo utilizados en meta-análisis.....	72
Tabla 6 Cálculo del tamaño del efecto medio en función del modelo explicativo....	74
Tabla 7 Cálculo del intervalo de confianza del tamaño del efecto medio en función del modelo explicativo.....	74
Tabla 8 Cálculo de la significación estadística del tamaño del efecto medio en función del modelo explicativo.....	75
Tabla 9 Prueba de homogeneidad de los tamaños del efecto en función del modelo explicativo	75
Tabla 10 Escala para determinar la magnitud del TE en la investigación del entrenamiento de la fuerza	76
Tabla 11 Distribución de frecuencias de la variable categórica grupo.....	77
Tabla 12 Estadísticos descriptivos de las variables metodológicas cuantitativas del meta-análisis	78
Tabla 13 Distribución de frecuencias de los ítems utilizados para el cálculo de la variable metodológica calidad	78

Tabla 14	Distribución de frecuencias de la variable metodológica tecnología de valoración.....	78
Tabla 15	Distribución de frecuencias de las variables extrínsecas cuantitativas del meta-análisis.....	79
Tabla 16	Distribución de frecuencias de la variable categórica contracción muscular	79
Tabla 17	Distribución de frecuencias de la variable categórica musculatura estimulada.....	80
Tabla 18	Estadísticos descriptivos de las variables de entrenamiento cuantitativas del meta-análisis.....	80
Tabla 19	Distribución de frecuencias de la variable categórica nivel de entrenamiento.....	80
Tabla 20	Estadísticos descriptivos de las variables categóricas cuantitativas del meta-análisis.....	81
Tabla 21	Resultados de la ANOVA para la comparación del TE medio de la unidades de análisis experimentales y de control del MACP.....	81
Tabla 22	Resultados de la ANOVA para la comparación de los TE medios experimentales y los controles excluyendo las unidades de análisis outliers.....	83
Tabla 23	Análisis del sesgo de publicación del MACP.....	84
Tabla 24	Resultados de la ANOVA para la variable moderadora CONTRACCIÓN	85
Tabla 25	Resultados de la ANOVA para la variable moderadora MÚSCULO.....	85
Tabla 26	Resultados de las meta-regresiones simples de las variables de entrenamiento.....	86

Tabla 27 Resultados del ANOVA de la variable moderadora NIVEL DE ENTRENAMIENTO	86
Tabla 28 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables categóricas	87
Tabla 29 Resultados de la meta-regresión simples de la variable metodológica cuantitativa CALIDAD.....	88
Tabla 30 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables metodológicas cuantitativas AÑO y MUESTRA.....	89
Tabla 31 Resultados de la meta-regresión múltiple del modelo explicativo 1	90
Tabla 32 Resultados de la meta-regresión múltiples del modelo explicativo 2	90
Tabla 33 Resultados de la meta-regresión múltiples del modelo explicativo 3	91
Tabla 34 Estadísticos descriptivos de las variables metodológicas cuantitativas del meta-análisis	106
Tabla 35 Distribución de frecuencias del ítem naturaleza del grupo control utilizado para el cálculo de la variable metodológica calidad.....	106
Tabla 36 Distribución de frecuencias de los ítems asignación aleatoria, análisis por intención de tratar y enmascaramiento del evaluador utilizados para el cálculo de la variable metodológica calidad	107
Tabla 37 Estadísticos descriptivos de las variables extrínsecas cuantitativas del meta-análisis	107
Tabla 38 Distribución de frecuencias de la variable categórica contracción muscular	107
Tabla 39 Estadísticos descriptivos de las variables de entrenamiento cuantitativas del meta-análisis.....	108
Tabla 40 Distribución de frecuencias de la variable categórica nivel de entrenamiento.....	108

Tabla 41 Estadísticos descriptivos de las variables categóricas cuantitativas del meta-análisis.....	109
Tabla 42 Resultados de la ANOVA para la comparación del TE medio de la unidades de análisis experimentales y de control del MALP.....	109
Tabla 43 Análisis del sesgo de publicación.....	111
Tabla 44 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables de entrenamiento.....	112
Tabla 45 Resultados del ANOVA de la variable moderadora NIVEL DE ENTRENAMIENTO.....	113
Tabla 46 Resultados del ANOVA de la variable moderadora GÉNERO.....	113
Tabla 47 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables categóricas	114
Tabla 48 Resultado de la meta-regresión simple de la variable metodológica cuantitativa CALIDAD	114
Tabla 49 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables extrínsecas cuantitativas AÑO y MUESTRA	115
Tabla 50 Resultados de la meta-regresión múltiple del modelo explicativo 1.....	116
Tabla 51 Resultados de la meta-regresión múltiple del modelo jerárquico explicativo.....	116
Tabla 52 Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MACP.....	145
Tabla 53 Tabla de codificación de las variables sustantivas de entrenamiento de las unidades de análisis del MACP	145
Tabla 54 Tabla de codificación de las variables sustantivas categóricas de las unidades de análisis del MACP	145

Tabla 55	Tabla de codificación de las variables metodológicas de los estudios de las unidades de análisis del MACP	145
Tabla 56	Tabla de codificación de las variables extrínsecas de los estudios de las unidades de análisis del MACP	145
Tabla 57	Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MACP	146
Tabla 58	Tabla de registro para el cálculo de los TE de las unidades de análisis del MACP	146
Tabla 59	Unidades de análisis del MACP (I)	147
Tabla 60	Unidades de análisis del MACP (II).....	148
Tabla 61	Unidades de análisis del MACP (III).....	149
Tabla 62	Unidades de análisis del MACP (IV)	150
Tabla 63	Unidades de análisis del MACP (V).....	151
Tabla 64	Unidades de análisis del MACP (VI).....	152
Tabla 65	Unidades de análisis del MACP (VII).....	153
Tabla 66	Unidades de análisis del MACP (VIII).....	154
Tabla 67	Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MALP.....	165
Tabla 68	Tabla de codificación de las variables sustantivas de entrenamiento de las unidades de análisis del MALP	165
Tabla 69	Tabla de codificación de las variables sustantivas categóricas del MALP	165
Tabla 70	Tabla de codificación de las variables metodológicas de las unidades de análisis del MALP	165

Tabla 71	Tabla de codificación de las variables extrínsecas de las unidades de análisis del MALP.....	165
Tabla 72	Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MALP	166
Tabla 73	Tabla de registro para el cálculo de los TE de las unidades de análisis del MALP	166
Tabla 74	Unidades de análisis del MALP (I).....	167
Tabla 75	Unidades de análisis del MALP (II)	167
Tabla 76	Unidades de análisis del MALP (III).....	168
Tabla 77	Unidades de análisis del MALP (IV).....	168
Tabla 78	Unidades de análisis del MALP (V).....	169
Tabla 79	Unidades de análisis del MALP (VI).....	169

Lísta de fórmulas.

Fórmula 1. Índice de tolerancia a los resultados nulos (N_{fs}).....	61
Fórmula 2. Índice del tamaño del efecto (dcambio).....	67
Fórmula 3. Factor de corrección del tamaño del efecto (dcambio).....	68
Fórmula 4. Varianza del tamaño del efecto (dcambio).....	68
Fórmula 5. Intervalo de confianza del 95% del tamaño del efecto (dcambio).....	69
Fórmula 6. Índice del tamaño del efecto (Δ).....	103
Fórmula 7. Desviación típica del tamaño del efecto (Δ).....	103
Fórmula 8. Factor de corrección del tamaño del efecto (Δ).....	103
Fórmula 9. Varianza del tamaño del efecto (Δ).....	103

RESUMEN.

El objetivo de esta tesis doctoral fue determinar los efectos a corto y a largo plazo del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular en participantes sanos. Para tal fin se llevaron a cabo dos meta-análisis de los estudios que evaluaban dichos efectos del *método de contrastes* en pruebas funcionales utilizadas en el ámbito del entrenamiento deportivo, como pueden ser: la altura de salto, la producción de potencia ó la producción de fuerza. Los estudios fueron localizados a través de búsquedas electrónicas y manuales. Se extrajeron los datos de los cambios de rendimiento muscular de los grupos experimentales y los grupos controles y fueron combinados a través de la técnica meta-analítica. En el meta-análisis de los efectos a corto plazo, un total de 32 estudios, que aportaron 35 unidades de análisis, cumplieron los criterios de inclusión. Bajo el modelo de cálculo de efectos aleatorios, la estimación combinada de los efectos agudos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular, expresada en unidades estandarizadas fue de -0,0788 (95% I.C. -0,2680 a 0.1104; $p = 0,4142$). Por lo tanto, el *método de contrastes* proporciona una disminución no significativa del rendimiento muscular a corto plazo. Estos resultados no justifican el uso del *método de contrastes* para el aumento a corto plazo del rendimiento muscular en participantes sanos. Por lo que respecta al meta-análisis de los efectos a largo plazo (MALP), un total de 9 estudios, que aportaron 9 unidades de análisis, cumplieron los criterios de inclusión. Bajo el modelo de cálculo de efectos aleatorios (REM), la estimación combinada de los efectos crónicos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular, expresada en unidades estandarizadas fue de 1,2211 (95% I.C. 0,4540 a 1,9881; $p = 0,0018$) por encima de los grupos control. Estos resultados justifican el uso del *método de contrastes* para el aumento a largo plazo del rendimiento muscular en participantes sanos.

RESUM

L'objectiu d'aquesta tesi doctoral va ser determinar els efectes a curt i a llarg termini del *mètode de contrastos* sobre el rendiment muscular en participants sans. Per a tal fi es van dur a terme dos meta-anàlisi dels estudis que avaluaven aquests efectes del *mètode de contrastos* en proves funcionals utilitzades en l'àmbit de l'entrenament esportiu, com poden ser: la altura de salt, la producció de potència, la producció de força. Els estudis van ser localitzats a través de cerques electròniques i manuals. Es van extreure les dades dels canvis de rendiment muscular dels grups experimentals i els grups control i van ser combinats a través de la tècnica meta-analítica. En el meta-anàlisi dels efectes a curt termini, un total de 32 estudis, que van aportar 35 unitats d'anàlisi, van complir els criteris d'inclusió. Sota el model de càlcul d'efectes aleatoris, l'estimació combinada dels efectes aguts del *mètode de contrastos* sobre el rendiment muscular, expressada en unitats estandarditzades va ser de -0,0788 (95% I.C. -0,2680 a 0.1104; $p = 0,4142$). Per tant, el *mètode de contrastos* proporciona una disminució no significativa del rendiment muscular a curt termini. Aquests resultats no justifiquen l'ús del *mètode de contrastos* per a l'augment a curt termini del rendiment muscular en participants sans. Pel que fa al meta-anàlisi dels efectes a llarg termini, un total de 9 estudis, que van aportar 9 unitats d'anàlisi, van complir els criteris d'inclusió. Sota el model de càlcul d'efectes aleatoris, l'estimació combinada dels efectes crònics del *mètode de contrastos* sobre el rendiment muscular, expressada en unitats estandarditzades va ser de 1,2211 (95% I.C. 0,4540 a 1,9881; $p = 0,0018$) per damunt dels grups de control. Aquests resultats justifiquen l'ús del *mètode de contrastos* per a l'augment a llarg termini del rendiment muscular en participants sans.

ABSTRACT

The aim of this doctoral thesis was to determine the acute and chronic effects of complex training on muscle performance in healthy individuals. Meta-analyses of studies that evaluated the acute and chronic effects of complex training on typical functional tests were carried out: jump height, power output, force output, etc. Studies were identified by computerised and manual searches of the literature. Data on changes in muscle performance of the experimental and control groups were extracted and statistically pooled in a meta-analysis. For the acute effects meta-analysis, a total of 32 studies yielding 35 unit of analysis met the initial inclusion criteria. Under the random effects model, the pooled estimate of the acute effects of complex training on muscle performance expressed in standardised units (i.e. effect sizes) was $-0,0788$ (95% CI $-0,2680$ to $0,1104$; $p = 0,4142$). Complex training provides a not statistically significant decrease in muscle performance. These results do not justify the application of complex training for the purpose of the acute improvement of muscle performance in healthy individuals. For the chronic effects meta-analysis, a total of 9 studies yielding 9 units of analysis met the initial inclusion criteria. Under the random effects model, the pooled estimate of the chronic effects of complex training on muscle performance expressed in standardised units (i.e. effect sizes) was $1,2211$ (95% I.C. $0,4540$ a $1,9881$; $p = 0,0018$) over the control groups. These results justify the application of complex training for the long-term improvement of muscle performance in healthy individuals.

0. INTRODUCCIÓN.

0.1. Importancia de la fuerza en el rendimiento deportivo.

En el ámbito del rendimiento deportivo, como apunta Tous (2006) actualmente adquiere mayor relevancia el entrenamiento de la fuerza como pieza clave a la hora de alcanzar los máximos éxitos deportivos. En este mismo sentido Tous (2005), llega a la conclusión de que la fuerza es la única cualidad física básica a partir de la cual pueden expresarse las demás (Figura 1); por tanto, el movimiento tiene lugar como consecuencia de la acción muscular y lo que realmente tenemos que comprender es la gran capacidad del ser humano para crear acciones musculares.

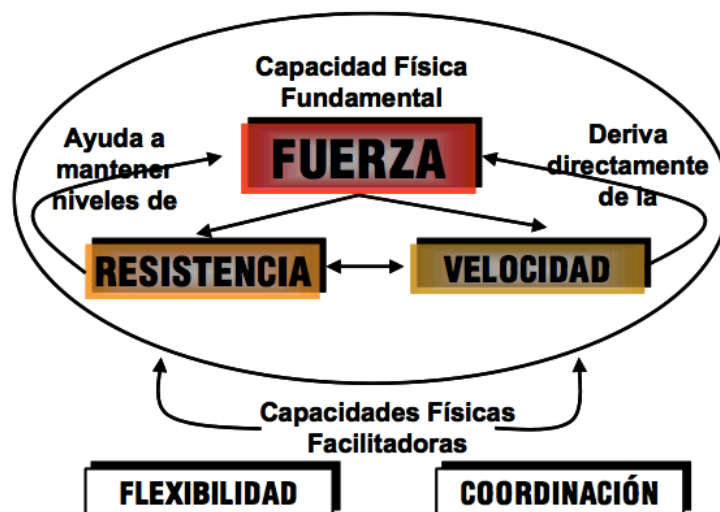


Figura 1. Estructuración de las características físicas en torno a la fuerza muscular como capacidad física fundamental. Fuente: Tous, 2005

De todas las manifestaciones de la fuerza, quizás la más perseguida por todos los deportistas es la mejora de la fuerza explosiva. Esta es la manifestación de la fuerza que permite a los deportistas moverse o desplazar objetos a la mayor velocidad posible y conseguir los mejores registros en su especialidad.

0.2. El método contrastes.

Dentro de la metodología del entrenamiento de la fuerza, encontramos una amplia gama de posibilidades que permiten mejorar la fuerza explosiva del deportista: método intensidades máximas I, método concéntrico puro, método de esfuerzos dinámicos, método excéntrico-concéntrico explosivo, método pliométrico, método

de ejercicios específicos con cargas, método basado en potencia de ejecución (González-Badillo & Ayestarán, 1995).

El *Método de contrastes* (González-Badillo & Ayestarán, 1995), también denominado entrenamiento complejo (*complex training*) (William P. Ebben & Watts, 1998), entrenamiento *maxex* (Bompa, 1999), método de estimulación (Verkhoshansky, 2007) y/o método búlgaro (Tous, 1999); de forma genérica consiste en la utilización, de manera alternada, de sobrecargas altas y bajas en la misma sesión de entrenamiento (González-Badillo & Ayestarán, 1995), ambos tipos de series se deben realizar con la máxima velocidad posible y dejando un tiempo de descanso suficiente entre series ($r'=3-5$ min.) para que se pueda manifestar la máxima potencia de ejecución en cada serie.

Este método es conocido entre los halterófilos como método búlgaro. Con su aplicación, se intenta asegurar una alta tasa de producción de testosterona plasmática al dividir el trabajo en varias sesiones y evitar que cada una de ellas sea demasiado larga (30'-45') (Sáez, Abella, & Manso, 2006; Tous, 1999).

Para lograr este objetivo, en el mundo de la halterofilia se utilizan diferentes variantes en la ejecución de los ejercicios (1:1, 2:2, 3:2, 4:2, 5:3, etc. Si tenemos 1:1 significa que el deportista ejecuta una serie con carga alta y otra serie con carga baja) (carga alta/carga baja, variaciones entre series), en la composición interna de las series y en la ejecución de la sesión. En cuanto a la alternancia de series, Cometti (2001) señala que las variantes más interesantes para la mayor parte de los deportistas son las de 1:1 y 2:2, mientras que las combinaciones 3:2, 4:2 y 5:3 lo son para los halterófilos.

Por su parte Verkhoshansky (2007), describe el método de estimulación y el método de choque, como dos "súper métodos" para el aumento de la fuerza especial y, concretamente detalla que el método de estimulación consiste en dos actividades musculares sucesivas. La primera es de carácter tónico, se ejecuta a velocidad lenta debido a la alta carga y con un número limitado de repeticiones. La segunda actividad es de desarrollo y se ejecuta a través de un esfuerzo explosivo extremadamente concentrado con pequeños pesos (30-40% del máximo) y con un número óptimo de repeticiones mayor que en la anterior actividad. La primera

actividad, esencialmente lo que hace es incrementar la producción de potencia de la segunda actividad, debido a la hiper-excitabilidad del sistema nervioso central, el cual es el principal efecto del método de estimulación. Además, este autor también comenta, que la alta efectividad del método de estimulación se ha probado como efectiva para el desarrollo de la fuerza explosiva y elástico-explosiva reactiva del aparato neuromuscular. Por último, alude al hecho de que el principal valor de este método es el proporcionar un incremento rápido y estable de estos parámetros en un periodo corto de tiempo y con un gasto y energías empleados relativamente pequeños.

Bompa (1999), se refiere al *método de contrastes* utilizando el concepto de entrenamiento “*Maxex*”, y comenta que dicho método se sustenta en la ciencia, manipulando 2 conceptos fisiológicos para producir velocidad y explosividad en busca de una mejora del rendimiento atlético. La primera parte de la rutina Maxex es realizada con una carga más elevada, que estimula un alto reclutamiento de fibras musculares rápidas; mientras que los movimientos explosivos aumentan la frecuencia de descarga de las fibras musculares rápidas, preparando al atleta para las acciones rápidas y explosivas requeridas en los deportes de potencia-velocidad durante la fase competitiva.

En opinión de Cometti (2001), el *método de contrastes* clásico (llamado búlgaro) consiste en realizar series con cargas de seis repeticiones máximas (6RM, aproximadamente 85% de una repetición máxima, 1RM) y series con cargas de seis repeticiones con el 40-50% de 1 RM. Los dos tipos de series se ejecutan a máxima velocidad, pero dada la diferencia de intensidad (sobrecarga empleada), también se provoca de manera inevitable un contraste en la velocidad de ejecución.

Sin embargo, si indagamos un poco más en la bibliografía encontramos que esta alternancia de cargas puede realizarse de distintas maneras:

- Los contrastes pueden darse entre series, es decir una serie diferente a otra, o entre repeticiones, ejecutando dentro de una misma serie unas repeticiones con una carga y otras repeticiones con otra carga (Cometti, 2001; Fortó, 2008; González-Badillo & Ayestarán, 1995).

- Alternando tanto cargas altas (70-90%) con cargas ligeras (30-50%) como cargas medias (50-60%) con cargas ligeras (Sáez, et al., 2006).
- Alternando acciones con sobrecargas y acciones “pliométricas” sin carga (Cometti, 2001; González-Badillo & Ayestarán, 1995; Sáez, et al., 2006).
- Alternando diferentes regímenes de contracción como las contracciones isométricas y las dinámicas (Cometti, 2001; González-Badillo & Ayestarán, 1995).
- Combinando cualquiera de las posibilidades mencionadas anteriormente (Sáez, et al., 2006).

Lo ideal para su utilización sería disponer de tecnología que permitiera modificar rápidamente la carga de trabajo utilizada en cada ejercicio, pero eso es algo que no está al alcance de la mayor parte de los deportistas, por lo que aquellos que quisieran ejecutarlo deberán buscar otras alternativas, en este sentido, Kemp (1995) citado por Sáez et al. (2006), entre las numerosas opciones posibles, hace las siguientes propuestas de implementación del *método de contrastes*:

- Con un compañero, el ejecutante se coloca con una barra con el 50% de 1RM, de forma que cuando inicia la extensión en el movimiento de sentadilla, el compañero ejerce una presión sobre la barra hasta lograr frenar el movimiento, posteriormente, mantiene la resistencia durante cinco segundos y finalmente se quita la resistencia ejercida por el ayudante y se realizan cinco movimientos, a máxima velocidad.
- Se colocan dos estaciones para la ejecución del press banca con cargas de contraste. Después de ejecutar cuatro repeticiones con la carga más elevada, el deportista debe cambiar de ejercicio y efectuar cinco repeticiones, a la máxima velocidad, con la carga menor.
- Se colocan tres estaciones en línea orientadas a mejorar la fuerza de piernas. En la primera, el deportista hace cinco repeticiones del ejercicio de sentadilla con el 85% de 1RM. En la segunda ejecuta cinco saltos con una carga de 30 Kg. Por último, el deportista realiza cinco saltos seguidos sobre vallas.
- Hacer una carrera de 20 m. Con un arrastre de 20 Kg. y posteriormente una carrera de la misma distancia pero sin carga.

A modo de resumen se muestran las características generales del *método de contrastes* propuestas por Sáez, et al (2006) (Tabla 1).

Tabla 1 Características generales del método de contrastes

Intensidad (% 1RM)	Repeticiones	Pausa	Series	Ejercicios	Velocidad	Frecuencia semanal
30-50% / 50-80%	4-10	2'-6'	3-6	2-4 (5)	Máxima	2-3

Fuente: Sáez, et al., 2006

0.2.1. Objetivos del *método de contrastes*.

El objetivo que persigue el método, se puede decir que es mixto, buscando la mejora de la fuerza máxima y/o la fuerza explosiva (Sáez, et al., 2006), y depende del predominio de las cargas utilizadas. La alternancia de cargas solicita al músculo de manera diferente, produciendo una variedad de estímulo físico y psicológico apropiado para atletas habituados a sesiones monótonas con cargas estables (Cometti, 2001; González-Badillo & Ayestarán, 1995).

En este sentido, González-Badillo & Ayestarán (1995) hacen las siguientes recomendaciones en función del objetivo perseguido:

- Para la mejora de la fuerza explosiva ante cargas ligeras, se deberían utilizar contrastes entre cargas que sean pesadas ó medias (entre 60-100% de 1 RM), alternadas con ejercicios sin cargas ó con cargas ligeras (30-40% de 1 RM).
- Para la mejora de la fuerza máxima, sólo se emplearía en deportistas con varios años de entrenamiento de la fuerza para romper con el estancamiento. En los deportistas intermedios podría ser utilizado de manera ocasional pero no como contenido fundamental. En cuanto a los principiantes, debido a que el margen de adaptación es muy grande no conviene agotar las posibilidades de cada método si no es necesario, además, las cargas utilizadas en los métodos isométricos y excéntricos supondrían demasiada agresividad para estos deportistas.

El *método de contrastes* suele utilizarse como medio de transferencia del desarrollo de fuerza máxima hacia la fuerza velocidad, facilitando el proceso y evitando cambios bruscos en la forma de entrenamiento (Sáez, et al., 2006).

Schmidbleicher (1980) en Letzelter (1990), afirma que este método es el más eficaz para la transformación de fuerza en velocidad tras estudiar el efecto de un trabajo de contraste en el que se utilizaron series de una a cuatro repeticiones con el 90-100% de 1 RM y series de siete repeticiones con el 30% de 1 RM.

Chu (1996), considera que la alternancia de series y/o ejercicios ligeros y pesados en una misma sesión de entrenamiento, conducen a conseguir mejoras de la potencia en una proporción tres veces superior que los modelos tradicionales de entrenamiento.

0.2.2. Bases fisiológicas del *método de contrastes*.

La premisa en la cual se fundamenta el *método de contrastes* asume que la capacidad de la musculatura para manifestar una gran cantidad de fuerza en poco tiempo se ve aumentada después de someter al músculo a contracciones máximas o submáximas (Docherty, Robbins, & Hodgson, 2004). Este fenómeno se le denomina Potenciación Post-Activación (en inglés "Post-Activation Potentiation", a partir de ahora PAP) (Docherty, et al., 2004; D. Sale, 2004; D. G. Sale, 2002).

En la bibliografía consultada se han observado diferentes definiciones de la PAP:

- Incremento de la contracción muscular isométrica y de la fuerza a baja frecuencia tetánica después de una actividad condicionante (D. Sale, 2004; D. G. Sale, 2002).
- Aumento transitorio de la fuerza y la potencia, desencadenada por diferentes formas de estimulación (sobrecargas externas, un electroestimulador...). Se produce un incremento de la respuesta muscular contráctil al ejecutar ejercicios explosivos después de realizar contracciones musculares máximas. Producción de una mayor cantidad de fuerza y potencia, de manera transitoria, y en un momento dado (Bustos, 2007).
- Estado de excitación o sensibilidad neuromuscular que sigue a una carga intensa mediante el cual las actividades de potencia posteriores se ven aumentadas (D. W. Robbins, 2005).
- Fenómeno mediante el cual la producción de fuerza muscular se aumenta de manera temporal como resultado de la historia contráctil, es la premisa en la cual se basa el entrenamiento complejo o por contrastes (D. W. Robbins, 2005).

- Alteración de la función muscular tras una actividad muscular previa (historia contráctil) que puede derivar en dos tipos de efectos (Bustos, 2007):
 - La fatiga, que supondría una disminución del rendimiento neuromuscular.
 - La potenciación, que supondría un aumento del rendimiento neuromuscular.
 - La potenciación es cualquier condición en la cual la respuesta muscular contráctil está incrementada como consecuencia de una estimulación previa.

En el presente estudio consideraremos la PAP como un aumento transitorio del rendimiento muscular, resultado de la manipulación de la historia contráctil de la musculatura implicada en el ejercicio (D. W. Robbins, 2005; D. Sale, 2004; D. G. Sale, 2002).

El fenómeno de la PAP tiene una presencia constante y muy evidenciada cuando se evalúan las propiedades de la sacudida muscular electroinducida (Baudry & Duchateau, 2004, 2007a, 2007b; Folland, Wakamatsu, & Fimland, 2008; Garland, Walton, & Ivanova, 2003; E. Roderich Gossen, Allingham, & Sale, 2001; Hamada, Sale, & Macdougall, 2000; Hamada, Sale, MacDougall, & Tarnopolsky, 2000, 2003). Cuando se habla de sacudida muscular se hace referencia al concepto de “twitch contraction”, rápido acortamiento observado en el músculo esquelético cuando un único potencial de acción viaja a través de la motoneurona y estimula las fibras musculares de la unidad motora que va a contraerse. En cambio, los resultados son contradictorios en las investigaciones que evalúan el rendimiento muscular a través de contracciones voluntarias, que son las específicas del rendimiento deportivo (Baker, 2001; Baker & Newton, 2005; Bazett-Jones, Winchester, & McBride, 2005; Bevan, Owen, Cunningham, Kingsley, & Kilduff, 2009; Brandenburg, 2005; Chatzopoulos et al., 2007; L. Z. F. Chiu, Fry, Schilling, Johnson, & Wiess, 2004; Clevidence, 2008; Duthie, Young, & Aitken, 2002; Ebben et al., 2000; Jensen & Ebben, 2003; D. W. Robbins, 2005). Poder evidenciar los efectos del *método de contrastes* y controlar al máximo las variables que condicionan el aumento del rendimiento, a través de éste fenómeno, dotaría a los preparadores físicos y entrenadores de un gran potencial para economizar esfuerzos a la hora de entrenar y poder dedicar mayor cantidad de tiempo a otros contenidos del entrenamiento.

0.2.2.1. Estrategias de activación de la potenciación post-activación.

La potenciación (Figura 2) es un proceso que puede ser activado siguiendo diferentes estrategias: endógena y exógena (D. G. Sale, 2002).

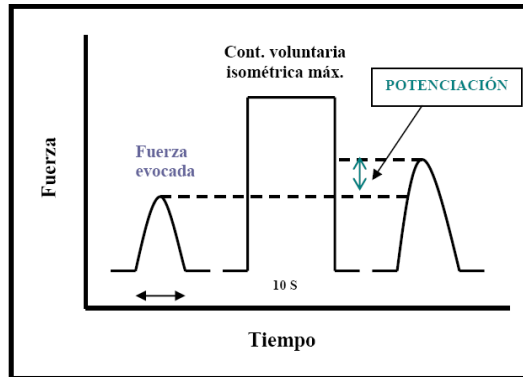


Figura 2. Esquema de una PAP tras una MVC de 10 s. Fuente: Bustos, 2007

La estrategia de activación de forma endógena se realiza a través de una Contracción Voluntaria Máxima (en inglés *maximal voluntary contraction*, a partir de ahora MVC) ó también llamada contracción voluntaria tetánica. La potenciación obtenida mediante esta estrategia la llamaremos Potenciación Post-Activación (PAP).

La estrategia de activación de forma exógena se realiza a través de un electroestimulador (EEM). La potenciación obtenida mediante esta estrategia la llamaremos Potenciación Post-Tetánica (PPT) . Además se puede llevar a cabo a través de dos formas primarias de estimulación (Bustos, 2007):

- A partir de una estimulación tetánica de alta frecuencia (una electroestimulación a 100 Hz) → Potenciación Post-Tetánica (PPT).
- Como consecuencia de Impulsos eléctricos repetidos de baja frecuencia (estimulación repetitiva a 10 Hz) → potenciación en escalera ó *treppe/staircase potentiation*.

0.2.2.2. *Mecanismos responsables de la potenciación post-activación.*

Aunque hay un consenso en la existencia del fenómeno de la PAP, el mecanismo responsable todavía no está definido claramente. Los dos procesos más utilizados para explicar la PAP son (Docherty, et al., 2004; W. P. Ebben, 2002; Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; D. W. Robbins, 2005; D. Sale, 2004; D. G. Sale, 2002):

- La *fosforilación de las cadenas ligeras de miosina*.
- El aumento de la excitabilidad de las motoneuronas, evidenciada por la amplitud del *reflejo Hoffman* (reflejo-H).

El mecanismo de la PAP que posee mayor evidencia científica es la *fosforilación de la cadena ligera regular de miosina*, el cual incrementa la sensibilidad al calcio de los miofilamentos (Hodgson, et al., 2005; D. E. Rassier & MacIntosh, 2000; D. G. Sale, 2002). El resultado es un nivel amplificado de la actividad de los puentes cruzados de actina y miosina para una misma concentración submáxima de calcio mioplasmático.

La *fosforilación de la cadena ligera de miosina* permite que la interacción actina-miosina sea más sensible a la concentración de Ca^{2+} liberado desde el retículo sarcoplasmático, dando como resultado que, para un mismo nivel de fosforilación, a mayor concentración de calcio citoplasmático se da una mayor potenciación (mayor fuerza y velocidad de contracción). Hay que tener en cuenta que, el incremento de la sensibilidad a las concentraciones de Ca^{2+} tiene su mayor efecto a bajos niveles mioplasmáticos de Ca^{2+} , como ocurre en las sacudidas musculares (*twitch contraction*) y las contracciones tetánicas de baja frecuencia, en cambio, el incremento de la sensibilidad a las concentraciones de Ca^{2+} tiene un efecto nulo o pequeño cuando dichos niveles se encuentran saturados, haciendo que cualquier incremento de estas concentraciones sea irrelevante, como ocurre en las contracciones de alta frecuencia tetánica. De este modo, haciendo referencia a la relación fuerza-frecuencia, la PAP “eleva” la fuerza producida a bajas frecuencias de estimulación pero no la fuerza producida a altas frecuencias de estimulación. De hecho, la actividad condicionante (por ejemplo, diez segundos de MVC) puede, de manera concurrente, incrementar la

fuerza de baja frecuencia (debido a la PAP) y disminuir la fuerza de alta frecuencia debido a la fatiga (D. G. Sale, 2002) (Figura 3).

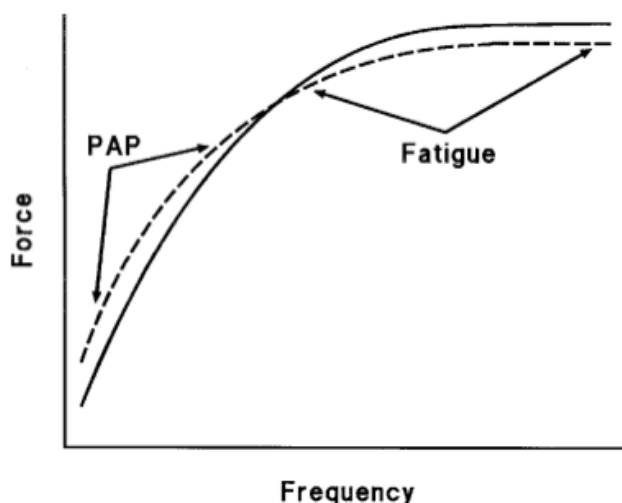


Figura 3. Relación de la fuerza-frecuencia en una contracción isométrica. La fuerza aumenta con el nivel de frecuencia hasta que llega un nivel en el que se estanca aunque siga aumentando la frecuencia de estimulación (línea continua). Después de la actividad condicionante, la PAP (línea discontinua) incrementará la fuerza de baja frecuencia pero no la fuerza de alta frecuencia. Al mismo tiempo, la actividad condicionante puede, debido a la fatiga, disminuir la fuerza de alta frecuencia. Fuente: D. G. Sale, 2002

El *reflejo Hoffman* (reflejo-H) es la otra herramienta para la medición del efecto de la PAP utilizada en investigación. El reflejo-H se define tradicionalmente como un reflejo monosináptico inducido por una estimulación eléctrica de los nervios musculares aferentes del grupo Ia (Latash, 1998). Se trata de un buen indicador para la medición de la excitabilidad de las alfa-motoneuronas (Hodgson, et al., 2005).

En la modulación del reflejo-H inducido a través de la electroestimulación, se observan 2 efectos (Hodgson, et al., 2005): una depresión pos-activación (DPA) y una PAP también denominada en la bibliografía como potenciación refleja (PR). A pesar de ello resulta un fenómeno poco estudiado debido a las altas frecuencias de estimulación necesarias para desencadenar el fenómeno y que resulta muy difícil de provocar de manera voluntaria (Hodgson, et al., 2005).

En cuanto a la potenciación del reflejo-H a través de la estimulación eléctrica de alta frecuencia de las vías aferentes Ia del músculo, ésta se conoce como potenciación post-tetánica (PPT). La PR se desarrolla después de varios segundos y puede prolongarse desde uno a dieciséis minutos dependiendo del participante y de los parámetros específicos de la estimulación tetánica empleada (Hodgson, et al., 2005).

Las frecuencias de estimulación superiores a 100 Hz son requeridas para producir la PPT del reflejo-H en los humanos, mientras que frecuencias menores de estimulaciones eléctricas se han comprobado como inefectivas para la producción de la PR. El mecanismo de la PPT ha sido atribuido a una elevación residual en el calcio presináptico, el cual causa el correspondiente incremento en la probabilidad de que se produzca la liberación del neurotransmisor del terminal de la membrana presináptica (Hodgson, et al., 2005).

En resumen, se podría decir que lo más probable es que la PAP sea el resultado de mecanismos de origen biológico y neurológico, a pesar de que existen hipótesis que sugieren un beneficio funcional derivado de la potenciación contráctil, aún faltan bastantes datos para que éstas puedan ser confirmadas (Hodgson, et al., 2005; D. W. Robbins, 2005).

0.2.2.3. ¿Qué efectos tiene la potenciación post-activación sobre el rendimiento?

Las modificaciones que se dan en las propiedades contráctiles del músculo potenciado son (Baudry & Duchateau, 2007b; D. G. Sale, 2002):

1. Aumento de la tensión muscular, sobretodo en aquellas unidades motoras que se activan a frecuencias de descarga relativamente bajas, como en los ejercicios de resistencia cardiovascular. En cambio no tiene efecto sobre la fuerza de las contracciones isométricas que se activan con altas frecuencias de descarga (Figura 3).
2. Aumento del índice de desarrollo de la tensión (Índice de Manifestación de la Fuerza IMF ó *Rate Force Development* RFD), en las acciones isométricas y concéntricas (mayor velocidad de acortamiento) explosivas (Figura 4). La PAP no altera los extremos de la curva fuerza-velocidad (la fuerza máxima y la velocidad máxima) pero sí tiene un beneficio en la parte central de la curva (la aplicación de fuerza en las cargas intermedias) aumentando el IMF incluso en las unidades motrices de alta frecuencia como ocurre en las acciones explosivo-balísticas, como son los saltos, los lanzamientos, los sprint y los golpesos.

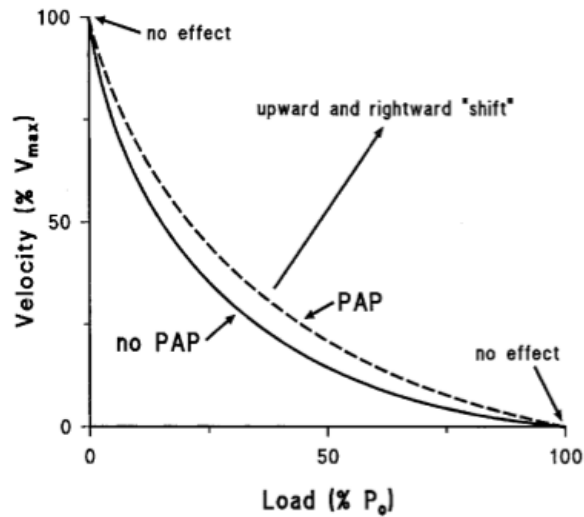


Figura 4. Efecto hipotético de la PAP en la relación fuerza (carga)-velocidad. La PAP no puede incrementar la fuerza máxima isométrica (P_o) ni la máxima velocidad de acortamiento ($V_{m\acute{a}x}$), porque P_o y $V_{m\acute{a}x}$ están determinadas por la estimulación de alta frecuencia. En cambio, la PAP puede incrementar el índice de manifestación de la fuerza (IMF ó RFD) a altas frecuencias, un efecto que puede incrementar la aceleración y de ahí la velocidad alcanzada con cargas intermedias entre los extremos de P_o y $V_{m\acute{a}x}$, si esto ocurriera, la relación carga-velocidad se desplazaría hacia arriba y hacia la derecha. Fuente D. G. Sale, 2002

3. Aumenta la frecuencia más alta en la cual la PAP es efectiva en las acciones concéntricas en comparación con las acciones isométricas (Figura 5). El tipo de contracción muscular afecta a la relación fuerza-frecuencia y al rango de frecuencias sobre las cuales ocurre la PAP. En las acciones concéntricas, especialmente en aquellas ejecutadas a altas velocidades, la relación fuerza-frecuencia se ve desplazada hacia la derecha si la comparamos con las acciones isométricas (D. G. Sale, 2002); esto significa que son necesarias unas frecuencias de estimulación mayores para aplicar un determinado porcentaje de fuerza máxima. Además, la PAP se extiende a frecuencias mayores en acciones concéntricas si las comparamos con las acciones isométricas (Figura 5). Muchas actividades requieren principalmente contracciones concéntricas (por ejemplo, natación, remo, ciclismo) o contracciones excéntricas-concéntricas (por ejemplo, correr, saltar, halterofilia), por lo tanto, la PAP puede tener un efecto de aumento del rendimiento más allá del que podría esperarse basándose únicamente en sus efectos en las acciones isométricas.

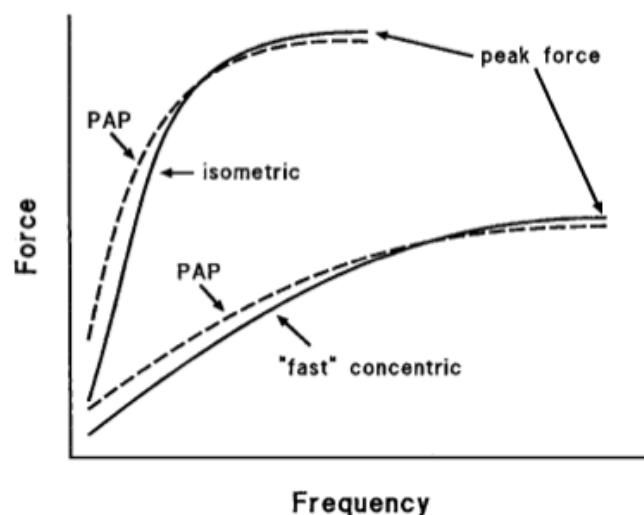


Figura 5. Efecto del tipo de contracción en la relación fuerza-frecuencia y el rango de frecuencia sobre el cual la PAP se extiende. Se compara una contracción isométrica y una acción concéntrica rápida. Una frecuencia mayor es requerida para alcanzar la meseta o el pico de fuerza (línea continua) en la contracción concéntrica. También la PAP inducida por una actividad condicionante (línea discontinua) se extiende hacia mayores frecuencias en la acción concéntrica. Hay que tener en cuenta que la máxima fuerza isométrica es mayor que la máxima fuerza concéntrica, en concordancia con la relación fuerza-velocidad. También, en este ejemplo, la fatiga producida por la actividad condicionante causó una disminución en la fuerza de alta frecuencia.

Fuente: D. G. Sale, 2002

A continuación se resumen los efectos generales de la PAP (Tabla 2):

Tabla 2 Resumen de los beneficios generales de la PAP sobre el rendimiento muscular

BENEFICIOS GENERALES DE LA PAP	
1.	Aumento de la tensión muscular, sobretodo en las unidades motrices de baja frecuencia tetánica pero no de las unidades motrices de alta frecuencia tetánica con un régimen de trabajo isométrico (Figura 3).
2.	Aumento del IMF en las acciones isométricas y en las concéntricas explosivas (ver Figura 4).
3.	Aumento de la frecuencia más alta en la cual la PAP es efectiva en las acciones concéntricas respecto a las acciones isométricas (ver Figura 5).

0.2.2.3.1. La potenciación post-activación y el rendimiento en especialidades de resistencia.

La PAP es un incremento desproporcionado de la fuerza de baja frecuencia tetánica: compensación de la fatiga a bajas frecuencias tetánicas. La PAP tendría un mayor efecto en aquel rendimiento en el cual las unidades motrices se activen a frecuencias relativamente bajas (Rassier, 2000), como sucede en los ejercicios de resistencia cardiovascular. Estos ejercicios se componen de contracciones submáximas prolongadas a lo largo del tiempo. Desde que se inicia el rendimiento, las mismas contracciones activarían el mecanismo de PAP. En estas contracciones submáximas, las unidades motrices descargarían a índices de frecuencia relativamente bajos, así la fuerza expresada por las unidades motrices debería estar incrementada por la PAP (D. Sale, 2004; D. G. Sale, 2002)

La PAP juega un papel especial en la compensación del deterioro de la conexión excitación-contracción que ocurre con la fatiga. Dicho deterioro es el responsable de la fatiga de baja frecuencia, es decir, una pérdida desproporcionada de la fuerza de baja frecuencia tetánica. Esto es exactamente lo opuesto a la PAP, que es un incremento desproporcionado de la fuerza de baja frecuencia tetánica. De esta manera, la PAP puede compensar la fatiga a bajas frecuencias tetánicas (Hodgson, et al., 2005; D. Sale, 2004).

El riesgo de fracaso de la transmisión neuromuscular, de la propagación del potencial de acción muscular, y el deterioro de la conexión excitación-contracción aumenta a medida que el índice de descarga del nervio y los potenciales de acción musculares deben ser mantenidos. A través de la reducción de la frecuencia requerida para un determinado nivel de fuerza, la PAP es capaz de retrasar la fatiga. Si una fuerza constante tiene que ser mantenida, el índice de descarga de la unidad motriz tendría que disminuirse para compensar la fuerza aumentada. Una disminución en el índice de descarga de la unidad motora puede, mediante la reducción del número de impulsos nerviosos y los potenciales de acción musculares por unidad de tiempo, retrasar la aparición de fatiga neural.

En un ejercicio sostenido, también cabe la posibilidad de que se produzca un fallo en la conducción central de las motoneuronas. Aumentando la producción de fuerza

para un mismo índice de descarga de una unidad motora, la PAP podría aliviar la carga que supone mantener un nivel alto de la excitación de las motoneuronas (D. G. Sale, 2002).

0.2.2.3.2. La potenciación post-activación y el rendimiento en especialidades de fuerza y velocidad.

Una característica a resaltar de la PAP es que no tiene efecto alguno en el nivel de fuerza de aquellas contracciones que se producen a altas frecuencias tetánicas (como son las contracciones isométricas máximas y las concéntricas explosivas), porque en estas contracciones se alcanza la saturación de la concentración de calcio, haciendo que cualquier incremento en la sensibilidad de la concentración calcio sea irrelevante. Por otro lado, la PAP incrementa el IMF de las contracciones concéntricas e isométricas (D. Sale, 2004), además la efectividad de la PAP en las acciones concéntricas explosivas se da a frecuencias mayores que en las acciones isométricas (D. G. Sale, 2002).

La PAP parecería ofrecer poca ventaja cuando las unidades motrices descargan a índices muy elevados, porque no puede aumentar la fuerza de alta frecuencia tetánica. Sin embargo, tiene un efecto adicional; la PAP puede aumentar el IMF isométrico, hasta en frecuencias de estimulación relativamente altas en las cuales la fuerza isométrica no es aumentada por la PAP (D. Sale, 2004). Y más aún, en las acciones concéntricas explosivas, el efecto de la PAP se manifiesta todavía a frecuencias tetánicas más altas (French, Kraemer, & Cooke, 2003).

En cuanto a la efectividad de la PAP en aquellas unidades motrices con los índices de descarga que se dan en el rendimiento explosivo "balístico", el incremento del IMF, podría aumentar el rendimiento en actividades como saltos, chutes y lanzamientos.

El rendimiento de fuerza y velocidad normalmente requiere que en un breve esfuerzo máximo, todas las unidades motoras relevantes sean reclutadas y que actúen con los máximos índices de descarga posibles. La PAP puede proporcionar, en aquellos atletas altamente entrenados, mejoras considerables en el rendimiento de acciones que se realicen en 0,25 segundos o menos, donde el IMF sea un factor

primario para el máximo rendimiento (por ejemplo, salidas de velocidad, lanzamientos y saltos) (French, et al., 2003).

Tabla 3 Resumen de los beneficios de la PAP en función de la especialidad deportiva

BENEFICIOS DE LA PAP EN FUNCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEPORTIVA	
Especialidades de resistencia	Especialidades de fuerza y velocidad
Compensación de la fatiga a bajas frecuencias tetánicas, retrasa el deterioro de la conexión excitación-contracción que ocurre con la fatiga (Hodgson, et al., 2005; D. Sale, 2004).	Incrementa el IMF de las contracciones concéntricas e isométricas (D. Sale, 2004). La efectividad de la PAP en las acciones concéntricas explosivas se da a frecuencias mayores que en las acciones isométricas (D. G. Sale, 2002). Mejoras en el rendimiento de acciones donde el IMF sea un factor primario para el máximo rendimiento (por ejemplo, salidas de velocidad, lanzamientos y saltos) (French, et al., 2003).

0.2.3. Las variables que intervienen en el *método de contrastes*.

Una vez detallados los beneficios que produciría el *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular, se vuelve realmente interesante conocer cómo se puede manipular este método para poder alcanzar el objetivo deseado.

Las variables de las cuales depende la PAP, y por tanto el *método de contrastes*, se han dividido en variables del entrenamiento y variables categóricas (D. W. Robbins, 2005), a pesar de estar descritas, no se dispone de evidencia científica que aclare la relación existente entre todas ellas.

Las variables que intervienen en el método contrastes son (D. W. Robbins, 2005) (Tabla 4):

Tabla 4 Variables que intervienen en el método de contrastes

VARIABLES DE ENTRENAMIENTO.	VARIABLES CATEGÓRICAS.
Tipo de contracción.	Nivel de entrenamiento.
Intensidad (%RM y velocidad de ejecución).	Años de entrenamiento.
Volumen.	Edad.
Recuperación entre series.	Genética.
Recuperación entre series de contrastes.	Antropometría.
Grupo muscular.	Género.
	Fuerza absoluta y fuerza relativa.

A continuación se detallan cada una de las variables enumeradas arriba.

0.2.3.1. Variables de entrenamiento.

Son aquellos parámetros que determinan la carga de entrenamiento que permite aprovechar al máximo el efecto de la PAP para incrementar el rendimiento.

0.2.3.1.1. Tipo de contracción.

Los estudios demuestran que es más factible provocar la PAP a través de la EEM que con las acciones voluntarias (E. R. Gossen & Sale, 2000; D. Sale, 2004). Por otro lado no se han observado diferencias entre la potenciación provocada por MVC y la provocada por la EEM (Hodgson, et al., 2005). Los diferentes tipos de contracción muscular voluntaria (isométrica, concéntrica, excéntrica) como forma de estimulación de la PAP no afectan a la cantidad de potenciación producida (Requena et al., 2005).

En cuanto las contracciones de tipo concéntrico explosivo, se observa que la PAP se manifiesta en mayor grado en aquellas acciones en las que los músculos se contraen a altas velocidades, en tiempos menores de 0.25 segundos (Jones & Lees, 2003).

Para finalizar valdría la pena decir que en la aplicación habitual del método contrastes se utilizan contracciones dinámicas concéntricas, a pesar de ser las que menos resultados positivos obtienen en las investigaciones (D. Sale, 2004). El

fenómeno de la potenciación debe ser estudiado con mayor profundidad para despejar las dudas que se plantean en cuanto a la correcta utilización de las contracciones dinámicas como estimulantes de la potenciación.

0.2.3.1.2. Intensidad (%RM y velocidad de ejecución).

Una mayor intensidad activará la PAP en mayor grado (Jones & Lees, 2003). La intensidad que normalmente se utiliza es máxima, por encima del 85% de la RM ó 5RM ó contracciones isométricas máximas de tres a cinco segundos. Existen estudios en los cuales no se encuentra existencia de PAP en las extremidades inferiores con cargas equivalentes a 5RM, recomendando aumentar la intensidad de la carga (Baker, 2003). Aunque la mayoría de autores destacan la importancia de intensidades máximas y/o submáximas para la estimulación de la PAP, unos pocos estudios han utilizado cargas más livianas encontrando resultados positivos; como la utilización de intensidades del 65% de la RM en el tren superior (Gourgoulis, Aggeloussis, Kasimatis, Mavromatis, & Garas, 2003) y en el tren inferior con calentamientos submáximos (Brandenburg, 2005).

En cuanto a la velocidad de ejecución del movimiento, como medida de la intensidad de los ejercicios de fuerza, debe ser la máxima posible con cada carga para poder obtener mejoras en la producción de la potencia de las series ligeras (Hanson, Leigh, & Mynark, 2007), por otra parte también hay estudios en los que tampoco se ha conseguido estimular la PAP con series estimulantes de bajo porcentaje de la RM y alta velocidad en el rendimiento del salto vertical (D. Sale, 2004), atribuyendo el fracaso a la baja intensidad de la carga.

0.2.3.1.3. Volumen.

El volumen total de la actividad estimulante del fenómeno (entendido como la cantidad de trabajo realizado, cuantificado por el tiempo de contracción o por el número de repeticiones realizadas), juega un papel importante en el nivel de respuesta neuromuscular; una duración excesiva provocará una fatiga poco deseable (French, et al., 2003). En el caso de la utilización de contracciones isométricas máximas como actividad condicionante, tres series de tres segundos se muestran más eficaces que tres series de cinco segundos, en la mejora del salto de “Drop Jump”, por tanto un volumen de quince segundos de contracciones isométricas

producirá una fatiga excesiva que elimina los efectos beneficiosos de la PAP. De acuerdo con estos resultados (French, et al., 2003) se aconseja un volumen de cinco a diez segundos de contracciones voluntarias máximas para estimular la potenciación a través de una contracción isométrica. Como conclusión, parece ser que los volúmenes óptimos de la serie estimulante se encuentran alrededor de los nueve segundos, distribuidos en tres series de tres segundos de contracciones isométricas (Behm, Button, Barbour, Butt, & Young, 2004). Por otra parte también se ha estimado que una ó dos series de diez segundos de contracciones isométricas máximas no provocan cambios mientras que tres series de diez segundos de MVC provocan la disminución de fuerza máxima hasta pasados diez a quince minutos (Jensen & Ebben, 2003).

0.2.3.1.4. Recuperación entre series (actividad estimulante y rendimiento).

El tiempo de recuperación óptimo inter-contraste (D. W. Robbins, 2005) depende del índice de disminución de la PAP y de la disipación de la fatiga (Comyns, Harrison, Hennessy, & Jensen, 2006). La determinación individual del tiempo de descanso dentro del contraste es necesario para llevar a cabo un entrenamiento de calidad (Bustos, 2007; D. W. Robbins, 2005).

Cuando se aplica un estímulo desencadenante de la potenciación, al mismo tiempo, este estímulo también provoca fatiga (D. E. Rassier & MacIntosh, 2000). Considerando que la potenciación y la fatiga son el resultado de una activación previa, es razonable pensar que ambos procesos pueden coexistir durante y después de la estimulación. Se define la *coexistencia de la potenciación y la fatiga* como aquella situación en la cual las causas y consecuencias subyacentes de la potenciación y la fatiga están presentes simultáneamente en un momento dado (D. W. Robbins, 2005; Daniel W. Robbins & Docherty, 2005).

Esta coexistencia se produce posteriormente al estímulo desencadenante. El equilibrio entre la fatiga y la potenciación producidas por la actividad condicionante, determinará el aumento o la disminución de la respuesta muscular posterior (Rassier y Macintosh (2002) en Bustos, 2007). Unos parámetros adecuados de intensidad de estimulación y de tiempo de recuperación antes de la ejecución de la

serie ligera, provocará que la fatiga se disipe antes que la potenciación, produciéndose así un aumento temporal del rendimiento muscular. Para unos mismos valores en las variables de intensidad y recuperación, los participantes entrenados sufren una potenciación mayor y una fatiga menor (ver la variable categórica nivel de entrenamiento).

La fatiga produce una disminución de la sensibilidad a las concentraciones de calcio durante los primeros minutos de recuperación (D. G. Sale, 2002). Un largo periodo de descanso entre el final de la actividad de acondicionamiento y el inicio del rendimiento favorece una mayor recuperación de la fatiga, pero también provoca una disminución del fenómeno de la PAP, por tanto se trata de encontrar un periodo óptimo de recuperación (Figura 6).

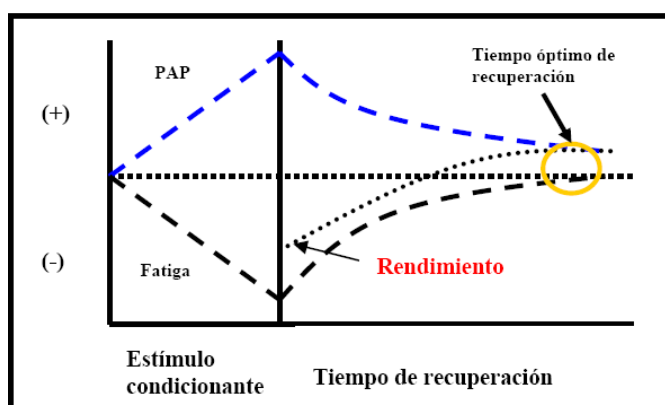


Figura 6. Coexistencia de potenciación y fatiga. Fuente: Bustos, 2007

El tiempo de recuperación utilizado en la investigación oscila desde diez segundos (Jones & Lees, 2003) hasta los veinte minutos (Comyns, et al., 2006; E. R. Gossen & Sale, 2000; Jensen & Ebben, 2003; D. W. Robbins, 2005; D. Sale, 2004). Una recuperación de quince segundos provoca que el fenómeno de la PAP se encuentre al máximo, sin embargo el rendimiento no se podrá mantener durante mucho tiempo a causa de la fatiga inducida por la serie pesada (French, et al., 2003; Young (1998) en D. Sale, 2004). Si se deja un período de recuperación más largo ($r'=3'$), el rendimiento podría mejorarse (E. R. Gossen & Sale, 2000), por otra parte también se han recomendado periodos de recuperación mayores como de cuatro a cinco minutos recomendados por Ebben (2000) y en torno a los tres ó cuatro recomendados por Baker (2003).

Todas estas investigaciones estudian la PAP en las extremidades inferiores, las evidencias de la PAP en las extremidades superiores son limitadas, de tal manera que únicamente se ha encontrado dos referencias con resultados positivos, situando el intervalo de descanso en tres (Evans, Hodgkins, Durham, Berning, & Adams, 2000) y cuatro minutos (Bishop, 2003a, 2003b; E. Roderich Gossen, et al., 2001).

El tiempo de recuperación también influirá en el cambio de la temperatura a nivel muscular y hay que recordar que a mayor nivel de temperatura muscular se producirá mayor nivel de potenciación (Bishop, 2003a). En este sentido se apunta que el periodo de recuperación óptimo entre el calentamiento y la actividad en la cual se tiene que rendir debe ser de un mínimo de cinco minutos y un máximo de diez a quince minutos (Comyns, et al., 2006).

Las altas diferencias interindividuales que existen en los descansos entre series, podría ser la explicación a la ausencia de resultados en algunas investigaciones y se plantea la necesidad de establecer un intervalo de descanso óptimo en cada participante (William P. Ebben & Watts, 1998). El tiempo óptimo de descanso debe permitir una recuperación suficiente de la fatiga provocada por la actividad condicionante, pero no excesiva de tal manera que evite la disipación del efecto de la potenciación, es decir una adecuada reposición de los depósitos de fosfágenos sin ocasionar una pérdida de la estimulación neuromuscular. En este sentido se observa que tras un descanso de seis minutos NO se observa ningún incremento del rendimiento ejecutado tras la actividad condicionante (Hrysomallis & Kidgell, 2001).

0.2.3.1.5. Recuperación entre series de contrastes.

El descanso adecuado entre series de contrastes es importante. Las recomendaciones son de dos a diez minutos de descanso después de completar una serie de contraste (actividad estimulante + actividad de rendimiento) y antes de comenzar la siguiente serie de contraste (Ebben, et al., 2000; Hrysomallis & Kidgell, 2001). De manera general, el entrenamiento de fuerza y potencia requiere un descanso suficiente entre series que permita al organismo rellenar las fuentes de energía anaeróbica necesarias para ejecutar contracciones musculares a alta velocidad y con una alta producción de potencia.

0.2.3.1.6. Grupo muscular.

Los requerimientos para aumentar la producción de potencia en la musculatura del tren inferior difieren de aquellos que son necesarios para mejorar la potencia del tren superior (Baker, 2003). Se observa que en las extremidades superiores una única serie de 5RM de “press banca” no es suficiente, o quizás sea demasiado fatigante, para provocar un aumento de la producción de potencia (Jones & Lees, 2003), mientras que la ejecución de una serie de menor carga (65% RM) pero con mayor velocidad de ejecución como serie estimulante del fenómeno de la PAP, sí provoca un aumento de la producción de potencia (Young, Jenner, & Griffiths, 1998). También se ha observado mejoras de la potenciación en las extremidades superiores después de la ejecución de una a tres MVC (Jones & Lees, 2003).

Por otro lado, en los miembros inferiores una única serie de 5RM de sentadilla produjo un aumento de la altura de salto del Squat Jump (Hamada, Sale, & Macdougall, 2000). Del mismo modo tres MVC sobre una pierna produjeron mejoras en la altura de salto del salto con contramovimiento (CMJ) y el salto con caída previa (DJ) (L. Z. Chiu et al., 2003).

Como se ha comentado anteriormente, el fenómeno PAP en las extremidades superiores es menos frecuente que en las extremidades inferiores (Hamada, Sale, & Macdougall, 2000).

0.2.3.2. Variables categóricas.

Son aquellos parámetros que caracterizan al deportista o que permiten homogenizar a un grupo de deportistas para poder manipular las variables de la carga de entrenamiento de PAP en busca de un objetivo determinado.

0.2.3.2.1. Nivel de entrenamiento.

El entrenamiento de fuerza provoca una mayor potenciación debido a la hipertrofia de las fibras FT (D. G. Sale, 2002).

Los individuos entrenados en fuerza explosiva desarrollan mayores niveles de potenciación que aquellos participantes que practican actividad física de forma recreativa (Smith & Fry, 2007).

El entrenamiento de la resistencia provoca una mayor fosforilación de la fibras lentas y por tanto una mayor resistencia a la fatiga (Vandervoort (2002) en Bustos, 2007).

Los participantes sedentarios producen mayores niveles de potenciación después de un periodo de entrenamiento de fuerza explosiva, debido a una hipertrofia selectiva de la fibras rápidas (L. Z. F. Chiu, et al., 2004; Hamada, Sale, MacDougall, et al., 2000; Hamada, et al., 2003).

En cambio los participantes de nivel recreativo, a pesar de encontrar fosforilación de las cadenas de miosina, no se benefician de los efectos de la PAP durante rendimientos con un periodo de recuperación de siete minutos (Russell et al (1984) en Bustos, 2007).

0.2.3.2.2. Años de entrenamiento.

Los atletas que poseen al menos un año de entrenamiento de fuerza obtienen mejores resultados de PAP en cuanto al aumento momentáneo de la producción de potencia (Sweeney et al (1990) en Bustos, 2007).

0.2.3.2.3. Edad.

Los ancianos producen menores niveles de potenciación debido a que poseen un menor porcentaje de fibras FT en comparación con los participantes jóvenes (Comyns, et al., 2006).

0.2.3.2.4. Genética.

Los grupos musculares con los menores tiempos de reacción y una mayor proporción de fibras rápidas muestran mayor PAP (O'learly (1998) en Bustos, 2007).

Las fibras rápidas FT II poseen una mayor actividad de la quinasa (Hodgson, et al., 2005) y, por tanto, una mayor capacidad de fosforilación (Gourgoulis, et al., 2003).

0.2.3.2.5. Antropometría.

A pesar de ser una variable que según Robbins (2005) interviene en la PAP, no se han encontrados datos bibliográficos que relacionen esta variable con el fenómeno a estudiar.

0.2.3.2.6. Género.

La potenciación generada por los hombres es similar a la de las mujeres (Young et al (1998) en D. W. Robbins, 2005). La ausencia de diferencias puede ser debida a que ambos géneros poseen una ventaja con respecto al otro (D. W. Robbins, 2005).

Las mujeres posee una mayor resistencia a la fatiga, lo que favorece la prevalencia de la PAP.

Los hombres poseen un mayor porcentaje de fibras FT, lo que les proporciona una mayor posibilidad de generar el fenómeno de la PAP.

0.2.3.2.7. Fuerza absoluta y fuerza relativa.

Probablemente los participantes más fuertes, son más capaces de beneficiarse de la PAP porque ellos deben poseer una mayor proporción de fibras tipo FT II, comparados con los participantes con menos capacidad de fuerza (William P. Ebben & Watts, 1998). Los participantes con mayores niveles de fuerza máxima, obtuvieron mayores incrementos en la altura del salto vertical (William P. Ebben & Watts, 1998; Tous, 2005).

Los participantes con la mayor fuerza absoluta, tienen más capacidad de beneficiarse de una modalidad de entrenamiento en la cual los ejercicios resistidos son seguidos de ejercicios de potencia de manera alternativa (Chu, 1996; Verkhoshansky, 2007).

Los participantes más fuertes, responden mejor al entrenamiento por contrastes, de tal manera que, es preferible alcanzar objetivos de aumento de la fuerza máxima antes de la utilización de este tipo de método (Saez Saez de Villarreal, González-Badillo, & Izquierdo, 2007).

0.2.4. Efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento.

Está muy extendido el uso de este método de entrenamiento de la fuerza tanto en deportes individuales (esquí alpino, boxeo, patinaje, gimnasia artística, judo, ciclismo en pista, natación, atletismo, tenis y lucha) (Ebben, et al., 2000; Burger et al (2000), Evans et al (2000), Faigenbaum et al (1999), Jensen et al (1999), Radcliffe and Radcliffe (1999), Zepeda and Gonzalez (2000) en W. P. Ebben, 2002) como en los deportes colectivos (fútbol americano, baloncesto, jockey, balonmano, rugby fútbol y voleibol) (D. W. Robbins, 2005). A pesar de estar ampliamente recomendado, muchas veces se aplica con falta de criterio, debido al primitivo conocimiento científico de este fenómeno y su aplicación metodológica, haciendo muy difícil saber con certeza si realmente se aplica el estímulo deseado sobre el deportista.

Los efectos del método de contraste sobre el rendimiento muscular se pueden desglosar en: efectos a corto y a largo plazo.

0.2.4.1. Efectos a corto plazo.

La actividad ejecutada con carga alta, fundamentalmente propicia un incremento de la producción de potencia de la segunda actividad del contraste (Verkhoshansky, 2007). Los efectos agudos (adaptaciones que se dan en el organismo inmediatamente después de la aplicación del contraste y durante los minutos u horas posteriores), son temporales y podrían utilizarse como protocolos eficaces de calentamiento de las sesiones de entrenamiento (llegando a evidenciarse efectos mantenidos hasta seis horas después (Saez Saez de Villarreal, et al., 2007)) ó para que el deportista vea aumentado temporalmente su rendimiento muscular a la hora de ejecutar pruebas explosivas de corta duración como pueden ser los lanzamientos, los saltos ó las carreras de velocidad de 60 y 100 m lisos de las especialidades del atletismo. A pesar de demostrarse el aumento del rendimiento a través de la PAP en acciones explosivas como es el salto vertical (Chu, 1996), la eficacia de la PAP en habilidades técnicas específicas complejas, posee una evidencia muy heterogénea (William P. Ebben & Watts, 1998).

0.2.4.2. Efectos a largo plazo.

Por lo que respecta a los efectos crónicos (adaptaciones del organismo que se producen tras un proceso de entrenamiento de un mínimo de 3-4 semanas), que son los más perseguidos a través del entrenamiento, los más relevantes serían el aumento de la fuerza explosiva del deportista a través de una metodología que ahorra tiempo de entrenamiento, para poder dedicarlo a otros objetivos de rendimiento del deportista. Verkhoshansky (2007; 2004) destaca como principal valor del método un incremento rápido y estable de la fuerza explosiva y fuerza elástico-explosiva reactiva del aparato neuromuscular, en un periodo corto de tiempo y con una inversión y gasto de energía relativamente pequeños. Unas opiniones similares se desprenden de los trabajos de Bompa (1999) y de Chu (1996).

1. JUSTIFICACIÓN.

1.1. Justificación de la tesis.

El *método de contrastes* se basa en el fenómeno de la potenciación post-activación y actualmente, hallamos evidencia científica acerca de su existencia. Este método tiene un uso muy extendido en la práctica del entrenamiento deportivo, debido a los efectos que se le atribuyen sobre el rendimiento del atleta, tanto a corto como a largo plazo. En este sentido Chu (1996), promulga que cada serie del contraste aumenta el rendimiento durante las series pliométricas siguientes, dando como resultado un incremento de la calidad de la sesión de entrenamiento. Este incremento de la calidad del trabajo durante cada sesión de entrenamiento, se sugiere que induce hacia una mejora en las ganancias de rendimiento a largo plazo, cuando los resultados se comparan con los métodos tradicionales de entrenamiento (Chu, 1996; Clark, Bryant, & Reaburn, 2006; William P. Ebben & Watts, 1998).

A pesar de que la PAP se manifieste en el músculo estimulado, la evidencia acerca de que la existencia de la PAP permita al atleta aumentar el rendimiento deportivo de su especialidad deportiva es muy heterogénea. Comprobar la manifestación de un aumento del rendimiento deportivo, debido a la aplicación del método, así como la comprensión y el control de las variables que intervienen en el supuesto aumento de rendimiento, sería beneficioso para optimizar el rendimiento del deportista.

1.2. Justificación de la metodología meta-analítica.

El objetivo de una síntesis es comprender los resultados de cualquier estudio en el contexto de todos los otros estudios alternativos. Primero necesitamos saber si el tamaño del efecto (TE) es consistente o no a lo largo del cuerpo de datos. Si es consistente, debemos estimar el TE de la manera más precisa posible e informar de su robustez a lo largo de todos los tipos de estudios incluidos en la síntesis. Por otra parte, si el TE varía sustancialmente de un estudio a otro, cuantificaremos el grado de varianza y se considerarían las implicaciones (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009).

El meta-análisis (MA) es capaz de abordar estas cuestiones mientras que la revisión narrativa no lo es. Entonces, ¿qué diferencias encontramos entre un MA y una revisión narrativa?

La significación estadística y “el recuento de votos”.

La revisión narrativa no tiene mecanismos para sintetizar los valores- p de los diferentes estudios, y debe tratarlos como piezas discretas de datos. Sería erróneo caer en la tentación de contar el número de estudios estadísticamente significativos y compararlos con el número de estudios no estadísticamente significativos para sacar conclusiones (“recuento de votos”). *La ausencia de un efecto estadísticamente significativo no es una evidencia de la ausencia del efecto* (Borenstein, et al., 2009).

El MA permite combinar los efectos y evaluar la significación estadística del efecto resumen. Con el MA, a menudo podemos identificar el efecto verdadero. En muchos casos (por ejemplo si el efecto verdadero es sustancial y consistente entre los estudios), podemos afirmar que el valor- p no significativo en los estudios individuales, fue debido a la baja potencia estadística en lugar de la ausencia del efecto. La potencia estadística del MA supera el 99,9% (Borenstein, et al., 2009).

La importancia clínica del efecto.

El punto de partida de la revisión narrativa es el valor- p de los estudios, por tanto focaliza la atención en resolver la cuestión de si el cuerpo de la evidencia permite o no rechazar la hipótesis nula. Siendo este un mecanismo poco apropiado para discutir la magnitud del efecto (Borenstein, et al., 2009).

El MA permite calcular una estimación del TE de cada estudio, y estos TE son el núcleo principal del análisis. El valor- p solo informa si el valor de efecto es diferente a cero, mientras que el TE aporta la magnitud del efecto en cuestión (Borenstein, et al., 2009).

La consistencia de los efectos.

La revisión narrativa, no tiene un buen mecanismo para evaluar la consistencia de los efectos. La revisión narrativa trabaja con valores- p , y siempre hay que tener presente que dicho valor está influenciado por el tamaño muestral así como por el

TE del estudio (Figura 7). Para observar todo lo que esto implica, pensamos en el caso hipotético de que nos encontramos con dos estudios, un primer estudio aporta un valor- p de 0,001 y un segundo estudio que aporta un valor- p de 0,50, esta situación no implica que el efecto sea mayor en el primer estudio. El valor- p de 0,001 puede reflejar un TE grande pero también puede reflejar un TE moderado o pequeño en un estudio grande. El valor- p de 0,50 puede reflejar un efecto pequeño (ó nulo) pero también puede reflejar un efecto grande en un estudio pequeño.

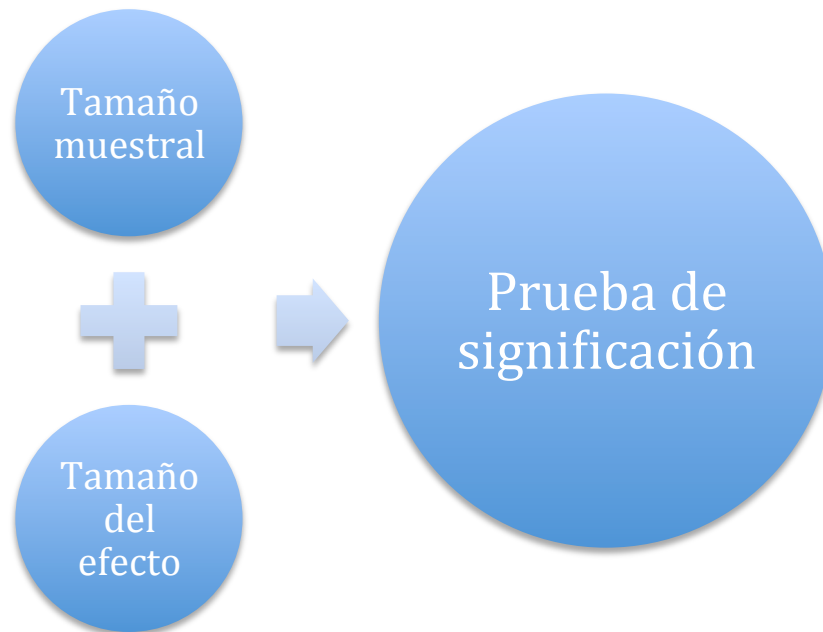


Figura 7. Esquema de la prueba de significación

El MA trabaja con TE (no con valores- p) para determinar si el TE es consistente ó no a lo largo de los estudios. Aplica métodos basados en la teoría estadística, que permiten que una parte (sino toda) de la dispersión observada pueda ser debida a la variación aleatoria del muestreo en lugar de a las diferencias de los TE verdaderos. Entonces se aplican fórmulas para poder diferenciar, la variación derivada del error aleatorio y la variación derivada de la varianza real, así se puede cuantificar las diferencias reales existentes entre los estudios, y considerar las implicaciones de esta varianza.

De las líneas anteriores podemos considerar los siguientes puntos clave:

1. La revisión narrativa se basa en información discreta (valores- p) de una serie de estudios y proporciona un mecanismo que no es válido para la síntesis de datos.

2. El MA trabaja directamente con el TE de cada estudio en lugar del valor- p . Se incluyen todos los efectos en una síntesis estadística, nos permite evaluar la dispersión de los efectos y distinguir que cantidad de esta dispersión es real.

En referencia al problema objeto de estudio, existen estudios del método contrastes que han mostrado incrementos de rendimiento muscular (L. Z. Chiu, et al., 2003; French, et al., 2003). Por otra parte, ciertos autores no obtuvieron resultados positivos en el aumento de rendimiento muscular a corto plazo a través del citado método (Behm, et al., 2004; Duthie, et al., 2002; Ebben, et al., 2000; E. R. Gossen & Sale, 2000; Jensen & Ebben, 2003; Jones & Lees, 2003; Koch et al., 2003). De esta manera, actualmente, no se pueden sacar conclusiones definitivas acerca de los efectos a corto y a largo plazo del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular.

Varios factores entre los que se incluyen variables de entrenamiento, variables categóricas y métodos de evaluación del rendimiento influyen en la discrepancia de los resultados presentes en la bibliografía. Sin embargo, el principal factor responsable de estos resultados poco concluyentes es el tamaño de la muestra utilizado en los estudios. Es bien conocido que el tamaño de la muestra influye en la potencia para detectar efectos significativos (Cohen, 1977). El tamaño de la muestra más utilizado en los estudios sobre la eficacia de los métodos de entrenamiento se encuentra entre ocho y doce participantes por grupo, esto significa que utilizando un poder estadístico del 80% y con un nivel α de 0,05, estos estudios únicamente podrán mostrar $TE \geq 1,2$ (Cohen, 1977). Evidentemente la mayor parte de los estudios del *método de contrastes* no tienen suficiente poder estadístico para detectar no sólo efectos pequeños y moderados, sino que incluso, algunos efectos de gran tamaño.

Una técnica que permite solventar el problema del pequeño tamaño de la muestra y la baja potencia estadística es el MA. Esta técnica se basa en un planteamiento cuantitativo, en el cual las conclusiones individuales de diferentes estudios, con una misma finalidad, son integradas y analizadas a través de un proceso estadístico. Como el MA aumenta el tamaño general de la muestra, además de poder proporcionar una estimación más precisa del efecto del *método de contrastes* sobre el rendimiento atlético a corto y a largo plazo. Se debe añadir que el MA puede explicar los factores responsables de la variabilidad de los efectos de tratamiento

observados en los estudios presentes en la bibliografía. Considerando la importancia general de la fuerza explosiva en el rendimiento atlético y en el nivel de éxito deportivo, así como la popularidad del entrenamiento complejo (“complex training”) en las sesiones de entrenamiento, tendrá relevancia, a nivel científico y práctico, determinar una estimación precisa del efecto del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo y largo plazo.

2. OBJETIVO DE LA TESIS

Este trabajo de investigación tiene como objetivo general comprobar los efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular. Entendiendo el rendimiento muscular como el mejor resultado que el atleta es capaz de obtener en una prueba de campo y/o actividad específica de entrenamiento a través de contracciones musculares voluntarias máximas.

El objetivo general de la tesis se desglosa en dos objetivos más específicos que son:

1. Comprobar los efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular a corto plazo.
2. Comprobar los efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular a largo plazo.

Para la consecución de los objetivos se utilizó la metodología meta-analítica para evaluar los efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular tanto a corto como a largo plazo. También se intentó averiguar si los efectos del método eran dependientes de las variables categóricas (características individuales) de los participantes y de las variables de entrenamiento (parámetros de la carga) aplicadas para estimular la potenciación post-activación (PAP).

3. HIPÓTESIS.

La hipótesis de trabajo es:

El método contrastes mejora el rendimiento muscular a corto y largo plazo.

Para la consecución del objetivo general y la confirmación de la hipótesis de trabajo, la tesis se divide en dos partes:

1. PARTE I: El meta-análisis de los efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular a *corto plazo* (a partir de ahora nos referiremos a esta parte como MACP).
2. PARTE II: El meta-análisis de los efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular a *largo plazo* (a partir de ahora nos referiremos a esta parte como MALP).

4. PARTE I: EL META-ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL MÉTODO CONTRASTES SOBRE EL RENDIMIENTO MUSCULAR A CORTO PLAZO (MACP).

4.1. Objetivos.

La aplicación de los contrastes en el entrenamiento de la fuerza es una práctica habitual en el ámbito del rendimiento; la razón que lleva a los entrenadores a la realización de este tipo de actividades de entrenamiento es una supuesta mejora del rendimiento muscular a corto plazo provocado por la aplicación de una carga de alta intensidad que provocaría una potenciación muscular. A pesar de ello los resultados de los estudios que han intentado comprobar de manera objetiva el supuesto aumento de rendimiento muscular son confusos. Por otro lado, la relación cuantificada de la dosis-respuesta de las variables de entrenamiento que regulan el método contrastes no ha sido identificada para ningún tipo de población de deportistas. Identificar la dosis óptima de las variables de entrenamiento que maximice los beneficios de la PAP sobre el rendimiento muscular a corto plazo permitirá aprovechar la eficacia, seguridad y efectividad de dicho método, para que el atleta economice esfuerzos y pueda dedicar mayor cantidad de tiempo al entrenamiento técnico específico.

Del párrafo anterior se derivan los objetivos específicos de este MA, que son: (1) comprobar los efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo; y en el caso de que se obtengan resultados positivos, (2) identificar la relación dosis-respuesta óptima de las variables de entrenamiento, que permita maximizar los beneficios del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo, a partir de los estudios publicados.

La relación que se pretende encontrar en el segundo objetivo específico del MA dará respuesta a la cuestión principal que todo entrenador se debe hacer a la hora de aplicar una actividad de entrenamiento: ¿qué parámetros de la carga (intensidad, volumen, recuperación, acción muscular, ejercicio...) deben aplicarse para obtener los efectos deseados en un deportista determinado? Es decir, ¿cómo se individualiza la carga?

Para comprobar el efecto del citado método e identificar la relación óptima de las variables se ha elaborado un MA con los estudios relacionados existentes y sus respectivos TE.

4.2. Metodología.

Las revisiones sistemáticas representan el más alto nivel de evidencia, si y solo si, han sido realizadas con las precauciones necesarias para reducir la posibilidad de sesgo durante su realización, de modo que sintetice de manera confiable toda la evidencia de alta calidad disponible (Letelier, Manríquez, & Rada, 2005). A continuación se detallan los pasos seguidos para la elaboración del MACP:

1. Establecimiento de los criterios de inclusión de los estudios.
2. Identificación de la literatura, metodología para la búsqueda bibliográfica.
3. Codificación de los estudios.

4.2.1. Establecimiento de los criterios de inclusión de los estudios.

Los criterios de inclusión establecidos para que los estudios formaran parte del MACP fueron los siguientes:

1. Los estudios tenían que ser investigaciones empíricas que aplicaran el *método de contrastes* con sobrecargas, como protocolo de tratamiento, a un grupo de participantes de cualquier nivel de entrenamiento.
2. Las variables del protocolo de tratamiento tenían que estar diseñadas para inducir un aumento del rendimiento muscular a corto plazo (segundos, minutos u horas).
3. El rendimiento muscular tenía que manifestarse a través de contracciones musculares voluntarias máximas del participante y relacionadas con actividades de entrenamiento o de competición (saltos, lanzamientos, sprints, movimientos de musculación...). Se excluyeron aquellos estudios en los que el rendimiento muscular era evaluado a través de contracciones musculares electro-inducidas debido a que la diferencia del índice de activación muscular existente entre ambos tipos de contracción puede provocar resultados discrepantes (Baudry & Duchateau, 2007a).

4. El estudio podía incluir uno o varios grupos de tratamiento diferentes, con o sin grupo control, pero todos ellos debían aportar medidas pretest y posttest para poder calcular el TE.
5. Los participantes tenían que haber estado expuestos a un único protocolo de tratamiento con sobrecargas. Se excluyeron aquellos estudios que combinaron diferentes protocolos de tratamiento como puede ser la electroestimulación, las máquinas isocinéticas, etc.
6. Los estudios tenían que estar realizados o haber sido publicados entre enero de 1966 y abril de 2009.
7. Los estudios tenían que estar publicados en castellano, catalán, inglés, francés, italiano o portugués, debido a una limitación idiomática.
8. Los estudios tenían que aportar los datos estadísticos necesarios para calcular los TE (por ejemplo, la media y la desviación estándar de la variable dependiente y el número de participantes del estudio).

4.2.2. Identificación de la literatura, metodología para la búsqueda bibliográfica.

Para la localizar los estudios que cumplieran con los criterios de selección se llevaron a cabo varias estrategias de búsqueda.

En primer lugar, se realizó una búsqueda informatizada en las siguientes bases de datos: ISI current contents, Medline (PubMed), Medline (EBSCO), ProQuest Health and Mecial Complete, PsycINFO, SCOPUS, SportDiscus (EBSCO Host) y Web of Science. El periodo de búsqueda estuvo comprendido entre el 11/5/2009 y el 3/6/2009. Para tal efecto se confeccionó la siguiente ecuación de búsqueda con los correspondientes términos de búsqueda y operadores booleanos: (“complex training” OR “postactivation potentiation” OR “contrast training”). Se estableció como límite de la búsqueda, la fecha de publicación del estudio desde enero de 1966 hasta abril de 2009. La fecha de inicio de la búsqueda se establece en el año 1966 ya que es el año al que pertenecen las publicaciones más antiguas de las bases de datos.

El resultado final de la búsqueda identificó 224 registros, cuyos resúmenes fueron leídos para determinar cuáles de estos trabajos podían cumplir con los criterios de selección y, en consecuencia, recuperarlos para poder tomar una decisión sobre si cumplían o no con los criterios de inclusión.

En segundo lugar, se consultaron las revisiones teóricas de Bishop (2003a, 2003b); Bustos (2007); Chu (1996); Docherty y Hodgson (2007); Docherty, Robbins y Hodgson (2004); Ebben (W. P. Ebben, 2002); Ebben y Watts (1998); Hodgson, Docherty y Robbins (2005); Horwath y Kravitz (2008); Martyn y Paul (2008); Robbins (2005); y Sale (2004; 2002).

Por último, se llevó a cabo una búsqueda manual en revistas relevantes y en las listas de referencias bibliográficas obtenidas de los artículos para poder localizar artículos no identificados electrónicamente.

Una vez recogidas todas las referencias se combinaron los resultados de las búsquedas y se excluyeron aquellas que estaban duplicadas.

Finalmente, se escogieron 32 estudios que cumplieran con los criterios de selección. Todos los estudios se encontraban redactados en inglés y fueron llevados a cabo en los países de Australia (5), Canadá (1), Estados Unidos (14), Grecia (2), Inglaterra (7), Irán (1) Portugal (1). Se contactó vía e-mail con los autores de aquellas investigaciones que no aportaban datos suficientes para el cálculo del TE con la finalidad de poder acceder a dichos datos y que pudieran ser incluidos en el MA.

Los estudios seleccionados aportaron un total de 35 unidades de análisis, de las cuales 33 recibieron algún tratamiento con método contrastes y las 2 restantes fueron grupos de control. Las 35 unidades de análisis implicaron una muestra total de 463 participantes, de los cuales 20 participantes formaban parte de los grupos de control y 443 participantes recibieron algún tratamiento con el *método de contrastes*. Las referencias de los 32 estudios incluidos en el MA aparecen en el Apéndice I. El proceso descrito se puede observar en la Figura 8. Esquema de los pasos seguidos para la identificación de la literatura del MACP.

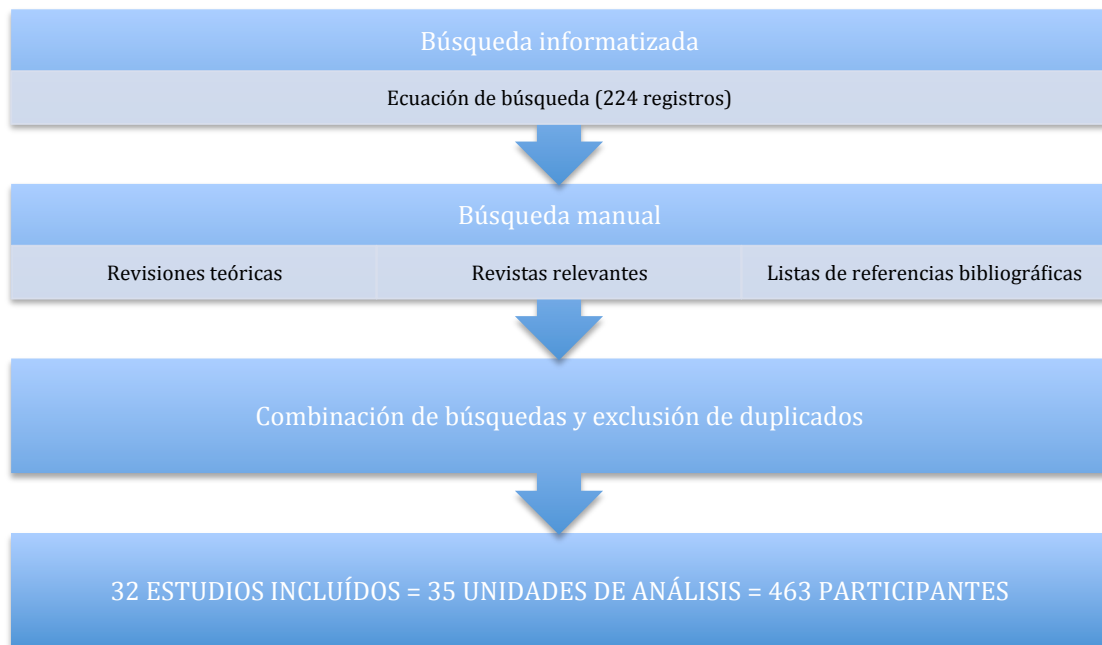


Figura 8. Esquema de los pasos seguidos para la identificación de la literatura del MACP

A pesar de los esfuerzos por conseguir los datos no publicados de algunos estudios, no fuimos capaces de acceder a todos ellos para incluirlos en el MA. Este hecho puede provocar una sobreestimación de los efectos verdaderos debido a que con mucha frecuencia los estudios no publicados presentan efectos más bajos que los estudios publicados (Borenstein, et al., 2009; Rothstein, Sutton, & Borenstein, 2005). En este sentido, se realizaron los análisis pertinentes para comprobar si el sesgo de publicación contra los resultados nulos pudiera ser una amenaza para la validez de los resultados del MA (Rothstein, et al., 2005). Se calculó el índice de tolerancia a los resultados nulos (N_{fs}) y el test de Egger.

El N_{fs} se basa en el siguiente cálculo:

$$N_{fs} = k(d_+ - d_c)^2 / (d_{fs} - d_c)$$

Fórmula 1. Índice de tolerancia a los resultados nulos (N_{fs})

Donde k es el número de grupos tratados, d_+ es el TE medio obtenido con los k grupos tratados, d_c es el TE medio que se supone presentan los estudios no publicados y que no han sido recuperados para el MA, y d_{fs} es un TE fijado de forma teórica y que representa el TE más bajo que todavía supone un efecto clínicamente relevante. En este MA, se fijó el valor como $d_c = 0$ (es decir, asumimos que los

estudios no publicados y no recuperados tendrán un efecto medio igual a 0) y $d_s = 0,10$ (es decir, asumimos que 0,10 es el valor d por debajo del cual el efecto no es clínicamente relevante). Cuanto mayor es el valor de N_s tanto menos plausible es asumir que exista sesgo de publicación en las estimaciones del efecto. Se considera que para descartar el sesgo de publicación N_s debe ser al menos el doble del número de estudios incluidos en el MA (Rothstein, et al., 2005).

El test de Egger es un análisis de regresión simple y no ponderado donde la variable predictora es un índice de la precisión de cada TE, definido comúnmente como la inversa del error estándar del TE y la variable dependiente es el cociente entre el TE y su error estándar. Un resultado no significativo para la intercepción de dicho modelo de regresión indicaría que no existe sesgo de publicación en el MA (Rothstein, et al., 2005).

4.2.3. Codificación de los estudios.

Los estudios que forman parte de un MA no suelen presentar idénticos resultados, a pesar de estar evaluando el mismo fenómeno. La variabilidad de los resultados puede ser debida a múltiples factores aleatorios, pero también por determinadas características diferenciales de los estudios que podemos identificar y codificar. Estas características las llamaremos variables moderadoras y pueden explicar parte de la heterogeneidad de los resultados (Marín-Martínez, Sánchez-Meca, & López-López, 2009).

Los estudios que cumplieron los criterios de inclusión fueron leídos y codificados para examinar las variables que pudieran afectar a los resultados de la eficacia del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular. El proceso de codificación se realizó siguiendo el manual de codificación elaborado *ad-hoc* y que se recoge en el Apéndice II. En dicho manual se establecieron los criterios a seguir para la correcta codificación de las variables moderadoras. La codificación de las variables de cada estudio se recogió en la Tabla de Registro I que puede observarse en el Apéndice III. En esta tabla también se registran los identificadores de las unidades de análisis que ayudan a clasificarlas.

Las distintas variables a codificar se clasificaron en: a) variables sustantivas, b) metodológicas y c) extrínsecas (Figura 9).

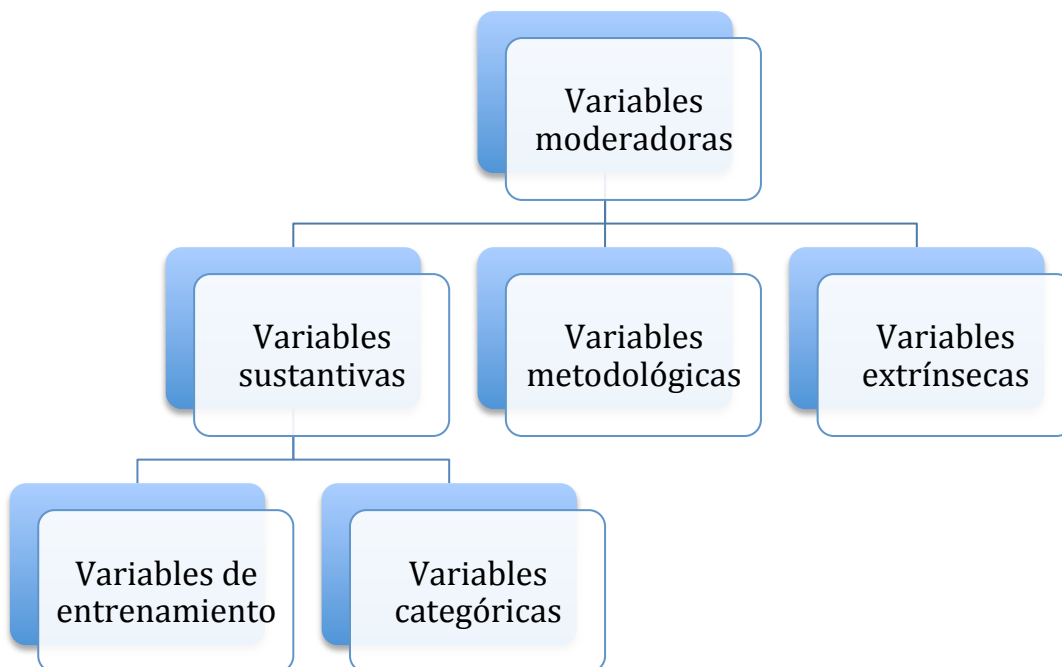


Figura 9. Esquema de las variables moderadoras del MACP

- a) Las *variables sustantivas*, son las variables moderadoras relacionadas con el objeto de estudio. A su vez fueron divididas en:
- *Variables de entrenamiento*, que son los parámetros de la carga utilizados en el método. Todas ellas hacen referencia a las características de la serie de potenciación y se diferenciaron entre: el tipo de contracción muscular (concéntrica, isométrica, excéntrica), la intensidad (porcentaje de la repetición máxima -%RM-), el número de series estimulantes de la potenciación, el número de repeticiones de la/s series de potenciación, el tiempo de recuperación entre las series, el tiempo de recuperación entre las series de contrastes y la evaluación del rendimiento, la musculatura implicada en el ejercicio (extremidades superiores -EES- ó extremidades inferiores -EEI-).
 - *Variables categóricas*, que hacen referencia a las características de las muestras de participantes tratados, y se codificaron en función de: el nivel de entrenamiento, los años de entrenamiento, la edad media (en años), la altura media (en centímetros), el peso medio (en kilogramos), la distribución por género, la fuerza absoluta media (repetición máxima de

los participantes en el ejercicio realizado), y la fuerza relativa (fuerza absoluta dividida entre el peso corporal).

- b) Las *variables metodológicas*, son aquéllas relacionadas con el diseño del estudio y la metodología aplicada para su realización. Se incluyeron en esta categoría las siguientes variables: el tamaño de la muestra del estudio, el hecho de que los participantes se hubieran asignado aleatoriamente o no cuando el estudio implicó a más de un grupo, el tamaño muestral (en el pretest y en el posttest), la mortalidad experimental, el uso de evaluadores enmascarados en el registro de las medidas de resultado (es decir, evaluadores que desconocían qué tratamiento estaban recibiendo los participantes), el uso de análisis por intención de tratar, y la calidad global del diseño, que se codificó en una escala de 0 a 5 puntos elaborada *ad-hoc*, en función de las valoraciones alcanzadas en los ítems metodológicos.
- c) Las *variables extrínsecas* son las variables que no tienen una implicación directa con el objetivo de la investigación, pero que pueden estar afectando a sus resultados. Por ejemplo, la fecha de publicación del estudio.

Además de las variables mencionadas, se planificó la codificación de otras que no pudieron ser incluidas en los análisis debido a la falta de información sobre ellas en los estudios. Estas variables fueron: años de experiencia deportiva, genética (% fibras FT) y antropometría.

Hay que destacar que la codificación de los estudios, basándose en su validez interna, se basó en una escala de calidad elaborada *ad-hoc* bajo la supervisión del Dr. Julio Sánchez-Meca (comunicación personal 9/2/2010) y que se detalla a continuación:

1. Existencia de grupo control.
2. Asignación aleatoria de participantes.
3. Análisis por intención de tratar (*“intent to treat”*).
4. No mortalidad experimental (1- mortalidad experimental).
5. Enmascaramiento del evaluador.

Las respuesta a los criterios 1, 2, 3 y 5 se realiza con un simple SI/NO y cada ítem contestado de manera afirmativa aporta un punto al resultado total de la escala. El

ítem número cuatro se obtiene restando al valor de uno el valor del ítem 24: MORTAL del Apéndice II. La puntuación total de la escala se obtiene sumando el total de los cinco ítems y está comprendido dentro del rango de 0 a 5; siendo 5 el valor máximo de calidad metodológica que un estudio puede obtener.

El acuerdo inter-codificadores (*“coder drift”*) fue evaluado, para comprobar la fiabilidad del proceso de codificación, dos investigadores codificaron de forma independiente una muestra aleatoria (en torno a un 20% de todos los TE registrados (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010) de los estudios incluidos en el MA y se calcularon índices de acuerdo: el coeficiente *kappa* de Cohen para las variables moderadoras cualitativas, y el coeficiente de correlación de Pearson y la correlación intra-clase para las variables cuantitativas. Cuando las discrepancias entre los codificadores se debieron a deficiencias en la redacción del Manual de Codificación I (apartado Apéndice II), éste se corrigió. Finalmente, las inconsistencias entre los codificadores se decidieron por consenso. Se asignó como un nivel de concordancia adecuado los valores *kappa*, Pearson y correlación intra-clase $\geq 0,7$. Los resultados de fiabilidad fueron satisfactorios para todas las variables moderadoras codificadas, alcanzando un grado de acuerdo medio de 0,81.

4.2.4. Índice del Tamaño del Efecto (TE).

Los estudios empíricos que habitualmente se llevan a cabo sobre el efecto de los denominados métodos de entrenamiento pueden tener diseños bastante diversos. Algunos estudios pueden incorporar un único grupo experimental, o bien añadir un grupo de control ó incluso otros grupos de tratamiento alternativos. Debido a esta diversidad de diseños, es necesario definir una unidad de análisis que permita plantear un índice del TE que sea homogéneo y, por tanto, que pueda ser aplicado de forma individual sobre cada unidad de análisis. Además, la unidad de análisis debe impedir, en la medida de lo posible, la pérdida de estudios que, por ejemplo, no incluyan grupo de control. Por otro lado, el elemento en común de este tipo de estudios suele ser la inclusión de medidas pretest y postest.

Atendiendo a la diversidad de estudios con la que nos encontramos y estableciendo como requisito que todos los estudios deben incorporar medidas pretest y postest, se ha optado por establecer como unidad de análisis EL GRUPO, que viene definido por la comparación pretest vs. postest.

Con el establecimiento de esta unidad de análisis, un estudio que, por ejemplo, incorpore dos grupos, uno experimental y otro de control, estará representado en el MA como dos estudios diferentes, donde en cada grupo se calcula la diferencia entre las medias del pretest y del postest. Otro ejemplo, podría ser un estudio que incluya tres grupos, con dos grupos experimentales que tengan tratamientos alternativos y un grupo de control, este estudio estaría representado en el MA como si fueran tres estudios, uno para cada grupo definido en el diseño. Si un estudio sólo contiene un grupo tratado, su comparación pretest vs. postest será incluida en el MA como un único estudio.

Por tanto, en este MA tienen cabida todos aquellos estudios que tomen medidas pretest y postest, independientemente de que incluyan algún grupo de control, ó varios grupos experimentales ó, simplemente un grupo experimental sin grupo control.

Una mención especial requieren los estudios contrabalanceados en los que una misma muestra de participantes pasan por las condiciones de control y por las condiciones experimentales. En este caso se incluirá una única unidad de análisis como si fuera un estudio con un único grupo experimental, de esta manera se evita un problema de dependencia estadística de los datos (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

Otra forma que también nos podemos encontrar, es el caso del estudio contrabalanceado en el cual hay varios grupos con tratamientos alternativos, pero se utiliza una única muestra de participantes para todos los tratamientos. Ante esta situación también deberemos escoger una única unidad de análisis dependiendo de si el contrabalanceo se realiza de manera aleatoria ó no. En el caso de ser un contrabalanceo aleatorio se escogerá un tratamiento al azar para que sea codificado. En caso contrario se codificará el tratamiento que los participantes hayan realizado con antelación quedando excluido el otro tratamiento del estudio (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

El tamaño del efecto (TE), es un valor estándar que permite determinar la magnitud de las diferencias entre grupos o condiciones experimentales (Thomas & Nelson, 2007). Debido a que las variables dependientes utilizadas en los estudios

para valorar el rendimiento son continuas, el cálculo de los TE se realizó aplicando los índices del TE pertenecientes a la “familia d”, la cual posee las siguientes características (Sánchez-Meca, 2005):

- Son un conjunto de TE paramétricos que representan la magnitud de la relación entre una variable independiente dicotómica (por ejemplo, un pretest versus un posttest) y una variable dependiente de naturaleza cuantitativa (por ejemplo, altura de salto).
- Están especialmente indicados cuando se asignan participantes a grupos o condiciones (diseños experimentales o cuasi-experimentales).
- Como la variable dependiente es cuantitativa, implica trabajar con medias y desviaciones típicas.

Como índice del TE, dentro de los índices de la “familia d”, se utilizó la diferencia entre las medias del pretest y del posttest, también llamado índice de “cambio medio estandarizado” (Sánchez-Meca, 2005) ó “diferencias de puntuaciones de cambio estandarizada” (d_{cambio}) (Sánchez-Meca, 2008), que es el índice que se utiliza para el cálculo del TE de los diseños pretest-posttest sin grupo de control y que coincide con nuestra unidad de análisis, mencionada anteriormente.

La fórmula de este índice del TE es la siguiente:

$$d_{\text{cambio}} = c(n-1) \frac{\bar{y}_{\text{Post}} - \bar{y}_{\text{Pre}}}{S_{\text{Pre}}}$$

Fórmula 2. Índice del tamaño del efecto (d_{cambio})

Donde \bar{y}_{Post} es el valor promedio del posttest y \bar{y}_{Pre} el valor promedio del pretest, y S_{Pre} es la desviación estándar del pretest, que como nos informa Sánchez-Meca (2008) “Dunlap, Cortina, Vaslow y Burke (1996) y Becker (1988) consideran más apropiado utilizar la desviación estándar del pretest como un estimador no contaminado por el efecto del tratamiento”. Por tanto, la desviación típica del pretest se entiende como un estimador más apropiado de la variabilidad en la población, que no se deja afectar por variaciones derivadas del tratamiento.

$c(n-1)$ es el factor de corrección, donde n es igual al tamaño de la muestra del estudio. Se trata de un factor de corrección del sesgo positivo que sufre este índice con muestras pequeñas (Fórmula 3).

$$c(n-1) = 1 - \frac{3}{4n-5}$$

Fórmula 3. Factor de corrección del tamaño del efecto (dcambio)

Un aspecto fundamental a tener en cuenta de las técnicas meta-analíticas es que, el peso que cada estudio ejerce en los cálculos está en función de su precisión que, a su vez, depende del tamaño muestral. De esta manera se observa que, a mayor tamaño muestral, mayor peso específico. Por tanto, para estimar los TE y construir los intervalos de confianza, se aplicarán las técnicas estadísticas propuestas por Hedges y Olkin (1985), que implican la ponderación de cada estimación del TE en función de su precisión, para evitar un sesgo positivo de los TE de menor tamaño ($n < 20$) (Thomas & Nelson, 2007).

El rango de variación de d_{cambio} es de $[-\infty \longleftrightarrow +\infty]$, en el caso de que $d_{cambio} = 0$ se consideraría efecto nulo. El objetivo de éste índice es comparar el cambio medio, en unidades típicas, del pretest al postest.

En el caso de que la variable que mida el rendimiento muscular sea de puntuación descendente, como en el caso del tiempo empleado en recorrer una distancia determinada, el valor de “dcambio” obtenido en la Fórmula 2 se multiplicará por -1.

Cada TE fue ponderado por la inversa de su varianza que se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$V(d_{cambio}) = \frac{n-1}{n(n-3)} (1 + nd_{cambio}^2) - \frac{d_{cambio}^2}{[c(n-1)]^2}$$

Fórmula 4. Varianza del tamaño del efecto (dcambio)

Esta última fórmula es la simplificación que se deriva de la asunción de que la correlación entre el pretest y el postest es de 0,50; esta es la mejor opción para utilizar en los casos en los que se desconoce la correlación existente entre el pretest

y el posttest, debido a que los estudios no suelen aportar este dato (Sánchez-Meca, 2008).

Este índice d es metodológicamente más débil que el índice d que compara un grupo tratado con uno de control, ya que no permite controlar si los cambios entre el pretest y el posttest pudieran ser debidos a otros factores diferentes del efecto del tratamiento, tales como el mero paso del tiempo, procesos madurativos, efectos de historia o remisión espontánea. En cambio, este índice es la única opción posible cuando los estudios presentan diseños metodológicamente débiles (Sánchez-Meca, 2008). No obstante, siguiendo las pautas aportadas por Sánchez-Meca (2008) obtendremos índices d para los grupos de tratamiento y para los grupos de control, de manera que será posible estimar, mediante la diferencia entre ambos, los efectos netos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular.

Para el cálculo del intervalo de confianza al 95% (I.C. 95%) del TE se aplicó la siguiente fórmula:

$$d_{\text{cambio}} \pm (1,96)\sqrt{V(d_{\text{cambio}})} \Rightarrow \begin{cases} L_s = d_{\text{cambio}} + 1,96\sqrt{V(d_{\text{cambio}})} \\ L_i = d_{\text{cambio}} - 1,96\sqrt{V(d_{\text{cambio}})} \end{cases}$$

Fórmula 5. Intervalo de confianza del 95% del tamaño del efecto (d_{cambio})

Si el I.C. 95% incluye el valor cero, no hay diferencias significativas entre las medias del pretest y el posttest.

Los índices d positivos indicaron un resultado favorable al tratamiento (método de entrenamiento), es decir, una mejora del grupo en el posttest respecto al pretest. Valores d negativos, en cambio, indicaron un empeoramiento del grupo en el posttest respecto al pretest.

En los casos en los que los estudios que aportaban, para un mismo grupo de participantes, varias medidas de rendimiento muscular, se obtenían los TE de cada variable dependiente y se promediaban para no incurrir en problemas de dependencia estadística (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

Además, se clasificaron las medidas de rendimiento muscular según la tecnología de valoración utilizada, distinguiendo entre plataforma de fuerzas, encoder lineal, células Fotoeléctricas, encoder rotatorio, cronógrafo manual, ciclo-ergómetro, máquina isocinética.

En el Apéndice III se recoge la tabla de registro de los índices del TE que se utilizó para cada unidad de análisis. El cálculo de estos índices se realizó a través de una hoja de cálculo elaborada *ad-hoc* con el software Microsoft Excel 2008 para MAC v.12.2.6 (100708).

Para comprobar la fiabilidad de los cálculos del TE, dos investigadores realizaron los cálculos independientemente de un subconjunto de las unidades de análisis (en torno a un 20% de todos los TE registrados (Sánchez-Meca, 2008), alcanzando un coeficiente de correlación de Pearson satisfactorio entre los índices d obtenidos por ambos de $r = 0,95$.

4.2.5. Análisis estadístico de los datos.

De forma general, los pasos a seguir en el proceso de análisis estadístico de los datos fueron (Figura 10):

1. Calcular el TE y la varianza de cada unidad de análisis incluida en el MA.
2. Elegir el modelo de cálculo que contemple aquellos factores de las unidades de análisis que mejor tengan en cuenta las posibilidades de la existencia de variabilidad.
3. Calcular la magnitud del efecto medio de las unidades de análisis meta-analizados y su significación estadística.
4. Construcción de forest plot con los índices d individuales de cada unidad de análisis y el TE promedio.
5. Realizar pruebas de homogeneidad de los efectos encontrados en torno al efecto medio.
6. En el caso de que exista heterogeneidad, realizar un análisis de subgrupos.

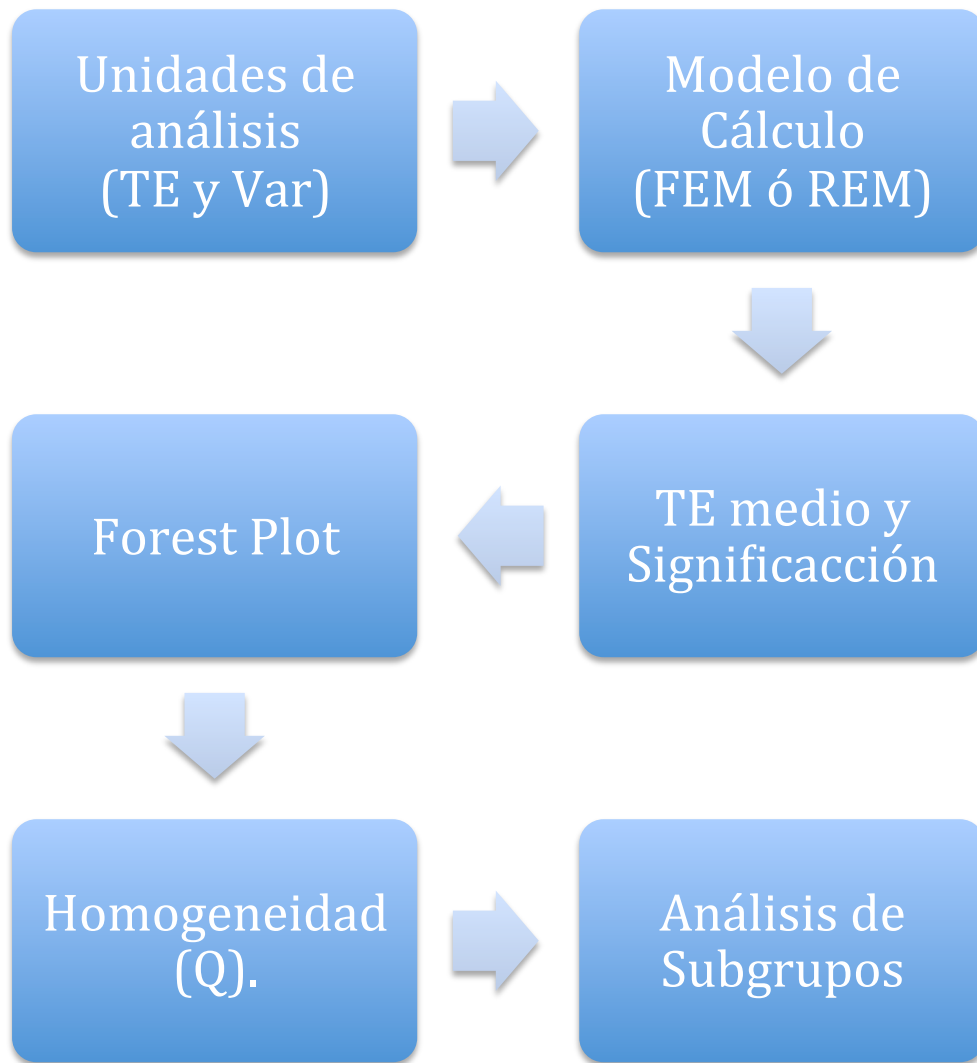


Figura 10. Representación gráfica del proceso de análisis estadístico del meta-análisis

Una vez calculados los TE y las varianzas de cada estudio que formará parte del MA, se elegirá un modelo de cálculo de efecto fijo (*Fixed Effect Model*; FEM) ó de efectos aleatorios (*Random Effects Model*; REM), basándose en los factores de los estudios que mejor tengan en cuenta la probabilidad de que exista variabilidad en los efectos observados. Las principales características de los modelos de cálculo se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 Principales características de los modelos de cálculo utilizados en meta-análisis

Modelo de efecto fijo (FEM)	Modelo de efectos aleatorios (REM)
Inferencias a estudios similares.	Inferencias a una población de estudios
Parámetros poblacional único, θ	Distribución de parámetros poblacionales, $\theta_i \approx N(\mu, \sigma_\theta^2)$
Sólo existe varianza intra-estudio, v_i	Existe varianza intra-estudio, v_i , e inter-estudios, σ_θ^2
Modelo matemático: $T_i = \theta + \varepsilon_i$	Modelo matemático: $T_i = \theta + \varepsilon_i = \mu + \xi + \varepsilon_i$
Factor de ponderación: $w_i = 1/v_i$	Factor de ponderación: $w_i^* = 1/(v_i + \sigma_\theta^2)$

Fuente: Sánchez-Meca, 2005

Borenstein et al. (2009) apunta que la elección del modelo de cálculo debe basarse en nuestra expectativa acerca de si los estudios comparten ó no un TE común, y también en nuestro objetivo a la hora de realizar el MA. Además aporta las siguientes recomendaciones acerca de la elección del modelo de cálculo:

Tiene sentido utilizar el FEM si se cumplen 2 condiciones:

- Creemos que todos los estudios son funcionalmente idénticos.
- Nuestro objetivo es computar el efecto común para la población identificada y no generalizarlo a otras poblaciones.

Tiene sentido utilizar el REM si se cumplen 2 condiciones:

- Los participantes y/o las intervenciones serán diferentes y no podemos asumir la existencia de un efecto común. El investigador acumula datos de una serie de estudios que han sido realizados por investigadores que han operado de manera independiente, es poco probable que los estudios sean funcionalmente equivalentes.
- El objetivo es generalizar a un rango de escenarios diferentes.

El modelo de cálculo elegido fue el REM y la justificación de la elección se basa en los siguientes puntos (Borenstein, et al., 2009; Hagger, 2006):

1. La importancia de la diferencia entre los dos modelos descritos, está en el deseo del investigador de generalizar en las conclusiones de su MA. En el FEM se presupone que la población del TE a través de todos los estudios será la misma, con esto se asume que la muestra de estudios representa todas las pruebas posibles del efecto, en otras palabras, la muestra de estudios refleja el universo de los estudios. En este caso, el TE medio puede ser asumido como el verdadero valor de este efecto.
2. Sin embargo existen pocas probabilidades de obtener todos los estudios existentes en torno a un problema concreto, a pesar de los esfuerzos por conseguir la “literatura fugitiva”. En este caso, el investigador no puede asumir que la muestra de los estudios representa el universo de todos los estudios posibles que prueban el efecto estudiado en el MA.
3. Un modelo REM, por lo tanto, parece ser más apropiado porque no asume que la muestra representa todos los posibles test del TE estudiado y simplemente se trata de una muestra de todos los posibles estudios que pueden ser realizados para evaluar el efecto estudiado. En el REM, asumimos que el TE varía de un estudio a otro, y que los estudios de nuestro análisis representan una muestra aleatoria de los TE que pueden ser observados. El efecto resumen es nuestra estimación de la media de estos efectos.
4. Como consecuencia, el modelo REM sería preferible para los investigadores que desean realizar inferencias de generalización en cuanto al TE a otros estudios no incluidos en el MA. Si un investigador adopta el FEM, únicamente podrá generalizar el efecto para aquella muestra particular de estudios.

En función del modelo de cálculo elegido (FEM ó REM), el procedimiento para la obtención del TE medio, el intervalo de confianza, la significación estadística y la prueba de homogeneidad varía, como se puede observar en la Tabla 6, la Tabla 7, la Tabla 8 y la Tabla 9.

Tabla 6 Cálculo del tamaño del efecto medio en función del modelo explicativo

Modelo de efecto fijo (FEM)	Modelo de efectos aleatorios (REM)
$\bar{T} = \frac{\sum_i w_i T_i}{\sum_i W_i}$ $w_i = \frac{1}{v_i}$ <p>T_i: TE del iésimo estudio</p> <p>v_i: varianza intra-estudio del iésimo estudio</p>	$\bar{T}^* = \frac{\sum_i w_i^* T_i}{\sum_i w_i^*}$ $w_i = \frac{1}{v_i + \hat{\sigma}_\theta^2}$ <p>$\hat{\sigma}_\theta^2$: estimador de la varianza inter-estudios.</p> $\hat{\sigma}_\theta^2 = \begin{cases} \frac{Q - (k - 1)}{c} \rightarrow (Q \geq k - 1) \\ 0 \rightarrow (Q < k - 1) \end{cases}$ $Q = \sum_i w_i (T_i - \bar{T})^2$ $c = \sum_i w_i - \frac{\sum_i w_i^2}{\sum_i w_i}$ <p>k: número de estudios</p>

Fuente: Sánche-Meca, 2005

Tabla 7 Cálculo del intervalo de confianza del tamaño del efecto medio en función del modelo explicativo

Modelo de efecto fijo (FEM)	Modelo de efectos aleatorios (REM)
$\bar{T} \pm z_{\alpha/2} \sqrt{v_\bullet} \Rightarrow Ls; Li$ <p>v_\bullet: Varianza de \bar{T}</p> $v_\bullet = 1 / \sum w_i$	$\bar{T}^* \pm z_{\alpha/2} \sqrt{v_\bullet^*} \Rightarrow Ls^*; Li^*$ <p>v_\bullet^*: Varianza de \bar{T}^*</p> $v_\bullet^* = 1 / \sum w_i^*$

Fuente: Sánchez-Meca, 2005

Tabla 8 Cálculo de la significación estadística del tamaño del efecto medio en función del modelo explicativo

Modelo de efecto fijo (FEM)	Modelo de efectos aleatorios (REM)
$H_0 : \theta = 0$ $z = \frac{\bar{T}}{\sqrt{v.}} \approx N(0,1)$	$H_0 : \mu = 0$ $z^* = \frac{\bar{T}^*}{\sqrt{v.^*}} \approx N(0,1)$

Fuente: Sánchez-Meca, 2005

Tabla 9 Prueba de homogeneidad de los tamaños del efecto en función del modelo explicativo

Modelo de efecto fijo (FEM)	Modelo de efectos aleatorios (REM)
$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_k = \theta$ $Q = \sum_i w_i (T_i - \bar{T})^2 \approx \chi_{k-1}^2$	$H_0 : \sigma_\theta^2 = 0$ $Q = \sum_i w_i (T_i - \bar{T})^2 \approx \chi_{k-1}^2$ <p>Estimación de la varianza inter-estudios:</p> $\hat{\sigma}_\theta^2 = \begin{cases} \frac{Q - (k-1)}{c} \rightarrow (Q \geq k-1) \\ 0 \rightarrow (Q < k-1) \end{cases}$ $\hat{\sigma}_\theta^2 = \begin{matrix} \frac{Q - (k-1)}{c} & \rightarrow (Q \geq k-1) \\ 0 & \rightarrow (Q < k-1) \end{matrix}$

Fuente: Sánchez-Meca, 2005

Tras la elección del modelo de cálculo REM y de obtener el resultado de la prueba de homogeneidad, en el caso de obtener una heterogeneidad significativa, se buscan las variables moderadoras de dicha heterogeneidad.

Para la búsqueda de las variables moderadoras cualitativas se llevó a cabo un test-Q basado en el análisis normalizado de la varianza (ANOVA) realizando comparaciones entre varios subgrupos de estudios; y para las variables moderadoras cuantitativas se aplicaron meta-regresiones de esta manera se pueden identificar

posibles diferencias entre los TE medio de cada variable categórica y de cada variable de entrenamiento (Borenstein, et al., 2009; Sánchez-Meca, 2008).

En el caso de querer evaluar las relaciones existentes entre una ó más covariables (moderadores) y la variable dependiente (tamaño del efecto) se realiza una meta-regresión intentando proponer un modelo explicativo del TE (Sánchez-Meca, 2008).

El nivel de significación para todas las pruebas se estableció en $p < 0,05$.

Los cálculos se realizaron con una hoja de cálculo del software Microsoft Excel 2008 para Mac OSX elaborada *ad-hoc* por el autor del presente estudio y siguiendo las directrices de Borenstein et al. (2009) y Thomas y Nelson. (2007). Además se utilizó el software estadístico SPSS v.15.0 para Windows y las macros de David B. Wilson para el citado software SPSS (estas macros se pueden obtener en la página Web personal de dicho profesor: <<http://mason.gmu.edu/~dwilsonb/ma.html>>).

La interpretación de los índices *d* se realizó a través de la escala de Cohen (1988); considerando la magnitud de la diferencia nula (0), pequeña (0,2), moderada (0,5) ó grande (0,8). También se utilizó la escala de Rhea (2004) debido a que se trata de una escala de magnitud de TE propia del ámbito de la investigación del entrenamiento de la fuerza (Tabla 10).

Tabla 10 Escala para determinar la magnitud del TE en la investigación del entrenamiento de la fuerza

Magnitud	Desentrenado	Entrenado recreativo	Altamente entrenado
Trivial	< 0,50	< 0,35	< 0,25
Pequeña	0,50 – 1,25	0,35 – 0,80	0,25 – 0,50
Moderada	1,25 – 1,9	0,80 – 1,50	0,50 – 1,00
Grande	> 2,00	> 1,50	> 1,00

Desentrenado = individuos que NO han entrenado de manera consistente durante 1 año. Entrenado recreativo = individuos que han entrenado de manera consistente de 1 a 5 años. Altamente entrenados = individuos que han entrenado un mínimo de 5 años. Fuente: Rhea, 2004

4.3. Resultados.

En primer lugar se presenta un análisis descriptivo de las unidades de análisis que forman parte del MA. Seguidamente se analiza la eficacia del tratamiento basándose en el TE medio global y su heterogeneidad. A continuación se muestra un análisis del sesgo de publicación. Para finalizar se analizan los datos en busca de posibles variables moderadoras de la eficacia del tratamiento.

En el Apéndice V se facilita la base de datos completa de los estudios del meta-análisis a corto plazo.

4.3.1. Análisis descriptivo de las características de las unidades de análisis.

Como ya se ha expresado anteriormente, se seleccionaron un total de 32 estudios que aportaron 35 unidades de análisis, de las cuales 33 (94,30%) pertenecían a grupos que recibieron algún tratamiento con el *método de contrastes* y las 2 (5,70%) unidades restantes fueron grupos de control (Tabla 11). Las referencias de los 32 estudios incluidos en el MACP aparecen en el 9.

Tabla 11 Distribución de frecuencias de la variable categórica grupo

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Experimental	33	94,30
	Control	2	5,70
	Total	35	100,00

Las 35 unidades de análisis implicaron una muestra total de 463 participantes, de los cuales 20 participantes formaban parte de los grupos de control y 443 participantes recibieron algún tratamiento con el *método de contrastes*. El tamaño muestral medio de las unidades de análisis fue de $13,23 \pm 6,48$ participantes (Tabla 12).

La calidad media del estudio fue de $1,14 \pm 0,36$ puntos de un máximo de 5 puntos posibles en la escala elaborada *ad-hoc* (Tabla 12).

Tabla 12 Estadísticos descriptivos de las variables metodológicas cuantitativas del meta-análisis

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Muestra	35	6,00	32,00	13,23	6,48
Calidad del estudio	35	1,00	2,00	1,14	0,36
No mortalidad experimental	35	1,00	1,00	1,00	0,00

En la Tabla 13 se observa la distribución de frecuencias de los ítems categóricos utilizados para obtener la variable calidad.

Tabla 13 Distribución de frecuencias de los ítems utilizados para el cálculo de la variable metodológica calidad

	Frecuencia		Porcentaje	
	Sí	No	Sí	No
Existencia de grupo control	4	31	11,40	88,60
Asignación aleatoria de participantes	1	34	2,90	97,10
Análisis por intención de tratar	0	35	0,00	100,00
Enmascaramiento del evaluador	0	35	0,00	100,00

La tecnología de valoración utilizada en los estudios queda distribuida como se muestra en la Tabla 14, en la que se puede observar como la plataforma de fuerzas con un 40,00% es el instrumento más utilizado en los estudios analizados.

Tabla 14 Distribución de frecuencias de la variable metodológica tecnología de valoración

	Frecuencia	Porcentaje
Plataforma de fuerzas	14	40,00
Encoder lineal	4	11,40
Células fotoeléctricas	7	20,00
Encoder rotatorio	5	14,30
Cronógrafo manual	1	2,90
Cicloergómetro	1	2,90
Isocinética	1	2,90
Total	33	94,30
Perdidos	2	5,70
Total	35	100,00

En la Tabla 15 se muestra la distribución de frecuencias de la variable extrínseca año de publicación.

Tabla 15 Distribución de frecuencias de las variables extrínsecas cuantitativas del meta-análisis

Año de publicación	Frecuencia	Porcentaje (%)
2000/2002	4	11,40
2002/2004	11	31,40
2004/2006	4	11,40
2006/2008	12	34,30
2008/2010	4	11,40
Total	35	100,00

La contracción muscular utilizada predominantemente en los tratamientos fue la de tipo concéntrico (88,60% de los casos, 31 unidades), mientras que la contracción isométrica únicamente fue utilizada en 2 unidades de análisis (5,70%). La contracción excéntrica no fue utilizada en ninguna unidad de análisis (Tabla 16).

Tabla 16 Distribución de frecuencias de la variable categórica contracción muscular

	Frecuencia	Porcentaje
Isométrico	2	5,70
Concéntrico	31	88,60
Excéntrico	0	0,00
Total	33	94,30
Perdidos	2	5,70
Total	35	100,00

En la Tabla 17 se puede observar que en el 71,40% (25 unidades) de las unidades la musculatura estimulada en los tratamientos fue la correspondiente a las extremidades inferiores (EEII) mientras que las extremidades superiores (EESS) fueron estimuladas en el 28,60% de los casos (10 unidades).

Tabla 17 Distribución de frecuencias de la variable categórica musculatura estimulada

	Frecuencia	Porcentaje
EESS	10	28,60
EEII	25	71,40
Total	35	100,00

La estadística descriptiva de las variables de entrenamiento cuantitativas se puede observar en la Tabla 18.

Tabla 18 Estadísticos descriptivos de las variables de entrenamiento cuantitativas del meta-análisis

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Intensidad (%RM)	27	30,00	94,00	77,24	18,17
Número de series	32	1,00	10,00	2,41	2,42
Número de repeticiones	31	1,00	10,00	3,84	2,02
Tiempo de contracción (s)	2	7,00	10,00	8,50	2,12
Recuperación inter-repeticiones (s)	10	4,00	180,00	123,40	52,75
Recuperación inter-series (s)	32	0,00	1200,00	229,84	229,21

El nivel de entrenamiento de los participantes (Tabla 19) se distribuyó fundamentalmente entre participantes de nivel recreativo (17 unidades; 48,60%) y federado (15 unidades, 42,90%), mientras que los participantes no entrenados ocuparon un 5,70% (2 unidades).

Tabla 19 Distribución de frecuencias de la variable categórica nivel de entrenamiento

	Frecuencia	Porcentaje
NS/NC	1	2,90
No entrenado	2	5,70
Recreativo	17	48,60
Federado	15	42,90
Total	35	100,00

En la Tabla 20 se observa la media y la desviación típica de las variables categóricas cuantitativas.

Tabla 20 Estadísticos descriptivos de las variables categóricas cuantitativas del meta-análisis

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Años de entrenamiento	17	1,00	5,00	2,44	1,58
Edad (años)	34	18,80	26,00	22,04	1,99
Altura (cm)	32	168,20	195,00	180,35	5,68
Peso (Kg.)	34	65,00	107,00	86,42	9,89
Género	35	0,00	1,00	0,91	0,25
Fuerza absoluta (RM)	17	86,00	377,00	152,4	64,71
Fuerza relativa (RM/kg)	17	1,05	4,52	1,73	0,78

4.3.2. Eficacia del tratamiento.

El objetivo del MACP era comprobar los efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo. A continuación se compara el TE medio de las unidades de análisis experimentales con el de las unidades de análisis de los grupos control (Tabla 21).

Tabla 21 Resultados de la ANOVA para la comparación del TE medio de la unidades de análisis experimentales y de control del MACP

GRUPO	k	dCambio	I.C. al 95%		Signif.	Homogeneidad
			Li	Ls		
Experimental	33	-0,0823	-0,2799	0,1154	$p = 0,4146$	$Q(32) = 46,9787;$ $p = 0,0426$
Control	2	-0,0354	-0,8348	0,7641	$p = 0,9309$	$Q(1) = 0,0020;$ $p = 0,9644$
$Q_B(1) = 0,0125; p = 0,9111$ $Q_W(33) = 46,9807; p = 0,0543$ $Q_T(34) = 46,9932; p = 0,0682$						

Siguiendo el modelo REM, el TE medio de las unidades de análisis experimentales tiene una magnitud de $-0,0823$ no significativa ($p > 0,4146$). Además la prueba de heterogeneidad obtuvo significación estadística ($Q(32) = 46,9787$; $p = 0,0426$), con un porcentaje bajo de varianza real observada ($I^2 = 31,88\%$) según la escala de Higgins, et al. (2003) en Borenstein, et al. (2009) por lo que es necesario buscar variables moderadoras de tal heterogeneidad.

Por otra parte el TE medio de las unidades de análisis de los grupos controles tiene una magnitud de $-0,0354$ y carece de significación estadística ($p > 0,9309$). Respecto a la prueba de homogeneidad tampoco se obtiene significación estadística ($Q(1) = 0,0020$; $p = 0,9644$), el porcentaje de la varianza real observada no puede calcularse debido a que $Q < df$, por tanto la varianza real de los efectos se considera igual a cero ($I^2 = 0,00\%$) (Borenstein, et al., 2009) y no es necesario buscar variables moderadoras. Hay que tener en cuenta que únicamente se disponen de dos unidades de análisis de grupos controles, por lo que este análisis posee una potencia estadística baja

El contraste del modelo muestra una ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las unidades experimentales y las unidades de control ($Q_b(1) = 0,0125$; $p = 0,9111$). Por tanto no se puede afirmar que las unidades experimentales posean un TE diferente al de las unidades de control.

En la Figura 11 se observa la distribución de los TE de todas las unidades de análisis, el TE resumen global, el TE resumen de las unidades experimentales y el TE resumen de las unidades de los grupos de control. Además, en la Figura 11 se puede observar como las unidades de análisis de Bevan 2009, Baker 2003a y Clevidence 2008 provocan la presencia de heterogeneidad en los resultados.

Si se realiza un análisis de sensibilidad y se calcula el TE medio excluyendo estos estudios se solucionaría la heterogeneidad de las unidades experimentales ($Q(29) = 30,5305$; $p = 0,3879$) y el resultado sería un TE medio positivo pero sin significación estadística ($dcambio = 0,0322$; $p = 0,6173$) (Tabla 22).

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

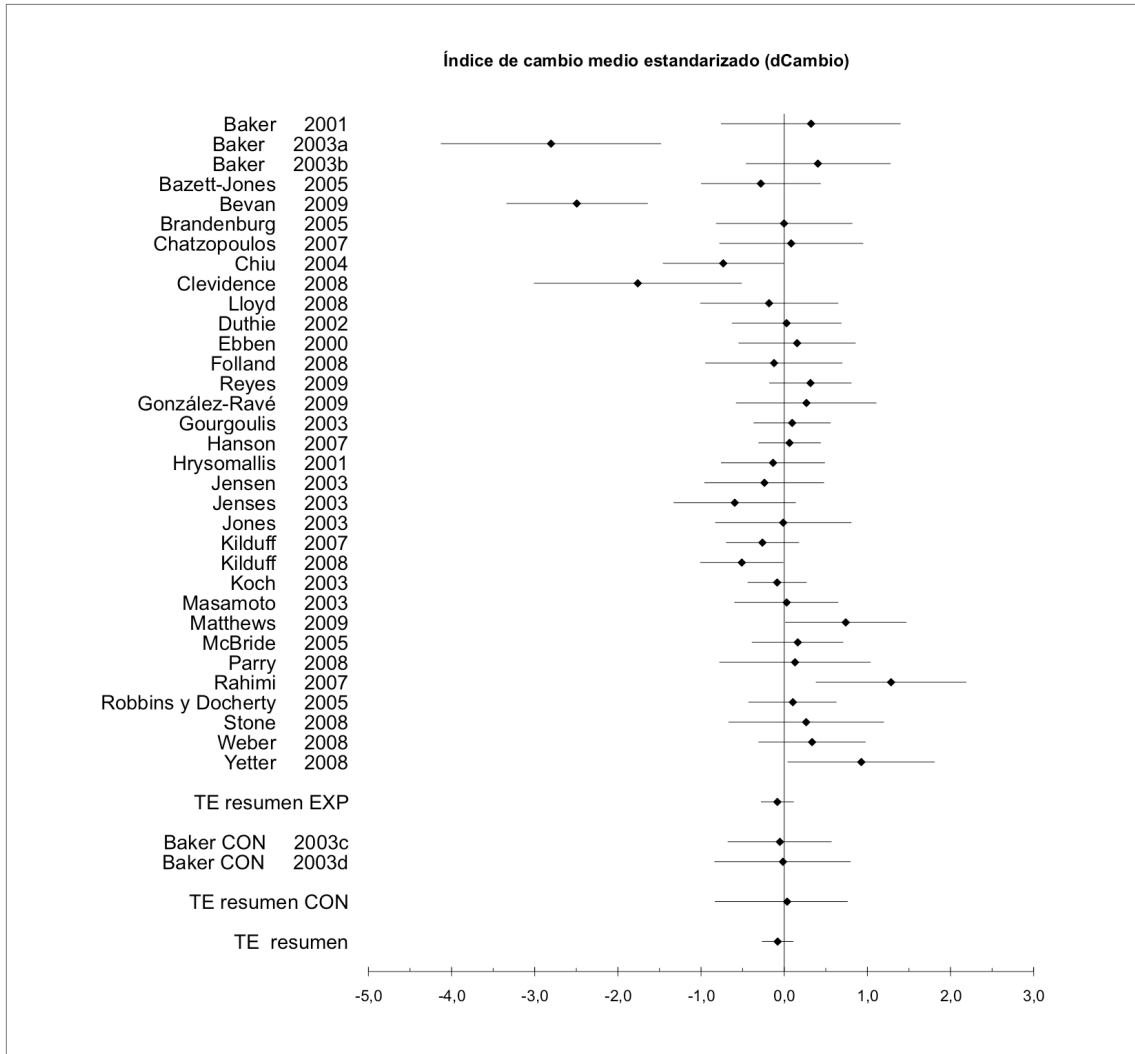


Figura 11. Forest plot de las unidades de análisis del MACP

Tabla 22 Resultados de la ANOVA para la comparación de los TE medios experimentales y los controles excluyendo las unidades de análisis outliers

GRUPO	k	dCambio	I.C. al 95%		Signif.	Homogeneidad
			Li	Ls		
Experimental	30	0,032	-0,0940	0,1584	$p = 0,6173$	$Q(29) = 30,5305;$ $p = 0,3879$
Control	2	-0,0377	-0,5686	0,4932	$p = 0,8894$	$Q(1) = 0,0043;$ $p = 0,9476$
$Q_B(1) = 0,0629; p = 0,8019$ $Q_W(30) = 30,5349; p = 0,4385$ $Q_T(31) = 30,5978; p = 0,4866$						

Si analizamos las características de éstas tres unidades de análisis, podemos observar como la media de años de entrenamiento es de $2,44 \pm 1,58$ mientras que la media del grupo entero es de $4,05 \pm 1,34$; esta característica podría ser la responsable la de la heterogeneidad aportada por las tres unidades.

4.3.3. Estudio del sesgo de publicación.

Para comprobar la existencia del sesgo de publicación se descartó el cálculo del índice de tolerancia a los resultados nulos (N_{fs}) debido a la magnitud prácticamente nula del TE medio. Por otra parte, se realizó el test de Egger (Tabla 23) que aportó un valor no significativo ($p = 0,8770$) indicando que el sesgo de publicación puede ser descartado en este MA (Rothstein, et al., 2005).

Tabla 23 Análisis del sesgo de publicación del MACP

Tamaño del efecto	Test de Egger				
	K	B_0	T	df	p
Rendimiento muscular	33	-0,0310	-0,1560	31	0,8770

4.3.4. Búsqueda de variables moderadoras.

Debido a la heterogeneidad encontrada en los TE de las unidades de análisis, se llevó a cabo un análisis de subgrupos para la búsqueda de variables moderadoras.

4.3.4.1. Variables sustantivas.

En referencia a las variables de entrenamiento, se realizaron ANOVAs para las variables de entrenamiento CONTRACCIÓN y MÚSCULO (Tabla 24 y Tabla 25). Por otra parte, se realizaron meta-regresiones simples para las variables de entrenamiento INTENSIDAD, SERIES, REPETICIONES, RECUPERACIÓN INTER-REPETICIONES y RECUPERACIÓN INTER-SERIES (Tabla 26).

La meta-regresión simple de la variable de entrenamiento TIEMPO no pudo llevarse a cabo debido a la insuficiencia de grados de libertad.

Tabla 24 Resultados de la ANOVA para la variable moderadora CONTRACCIÓN

Tipo de CONTRACCIÓN	k	dCambio	I.C. al 95%	
			Li	Ls
ISO	2	0,0083	-0,7940	0,8105
CON	31	-0,0903	-0,3008	0,1203
EXC	0	--	--	--
$Q_B(1) = 0,0543; p = 0,8158$ $Q_W(31) = 44,8749; p = 0,0511$ $Q_T(32) = 44,9292; p = 0,0643$				

Siguiendo el REM, la prueba del contraste del modelo no es estadísticamente significativa ($Q_B(1) = 0,0543; p = 0,8158$). Por tanto, no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos ISOMÉTRICO, CONCÉNTRICO y EXCÉNTRICO (Tabla 24).

Tabla 25 Resultados de la ANOVA para la variable moderadora MÚSCULO

Tipo de MÚSCULO	k	dCambio	I.C. al 95%	
			Li	Ls
EESS	10	-0,2286	-0,5959	0,1388
EEII	25	-0,0236	-0,2488	0,2016
$Q_B(1) = 0,8690; p = 0,3512$ $Q_W(32) = 46,0728; p = 0,0649$ $Q_T(34) = 46,9418; p = 0,0689$				

Siguiendo el REM, la prueba del contraste del modelo no es estadísticamente significativa ($Q_B(1) = 0,8690; p = 0,3512$). No se observan diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos EESS y EEII (Tabla 25).

Tabla 26 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables de entrenamiento

VARIABLE	k	B	Q_R	p	R^2
Intensidad (%RM)	27	-0,0054	0,6074	0,4358	0,0157
Series	32	-0,0326	0,5225	0,4698	0,0119
Repeticiones	31	-0,0743	1,5931	0,2069	0,0375
Recuperación inter-repeticiones (s)	10	-0,0006	0,0160	0,8994	0,0012
Recuperación inter-series (s)	32	0,0005	0,8554	0,3550	0,0192

Siguiendo el modelo REM, ninguno de los coeficientes de regresión de las variables de entrenamiento analizadas posee significación estadística ($p > 0,05$). La ausencia de relación entre las distintas variables de entrenamiento y el rendimiento muscular queda corroborada con la ausencia de significación estadística de la prueba de contraste del modelo ($Q_R; p > 0,05$), así como con los bajos porcentajes de la varianza explicada (R^2) (Tabla 26). Desde la Figura 15 hasta la Figura 19 del Apéndice XI podemos observar las representaciones gráficas de estas meta-regresiones.

Por lo que respecta a las variables categóricas, se realizó un ANOVA de la variable NIVEL DE ENTRENAMIENTO (Tabla 27) y meta-regresiones simples para las variables AÑOS DE ENTRENAMIENTO, EDAD, ATURA, PESO, GÉNERO, FUERZA ABSOLUTA y FUERZA RELATIVA (Tabla 28).

Tabla 27 Resultados del ANOVA de la variable moderadora NIVEL DE ENTRENAMIENTO

NIVEL DE ENTRENAMIENTO	k	dCambio	I.C. al 95%	
			Li	Ls
No entrenado	2	0,1736	-0,6798	1,0271
Recreativo	16	-0,1386	-0,4523	0,1752
Federado	14	-0,0692	-0,3999	0,2616
$Q_B(2) = 0,4733; p = 0,7893$ $Q_W(29) = 40,8097; p = 0,0715$ $Q_T(31) = 41,2830; p = 0,1026$				

Siguiendo el REM, la prueba del contraste del modelo no es estadísticamente significativa ($Q_B(2) = 0,4733$; $p = 0,7893$). No se observan diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos No entrenado, recreativo y federado (Tabla 27).

Tabla 28 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables categóricas

VARIABLE	k	B	Q_R	p	R^2
Años entrenamiento	17	-0,2021	4,6096	0,0318	0,1891
Edad (años)	34	-0,0400	0,6153	0,4328	0,0130
Altura (cm)	32	-0,0155	0,6869	0,4072	0,0157
Peso (kg)	34	-0,0095	0,9023	0,3422	0,0194
Género	35	-0,0478	0,0156	0,9006	0,0003
Fuerza absoluta (kg)	17	0,0007	0,0523	0,8191	0,0021
Fuerza relativa (Kg/Pc)	17	0,0729	0,0879	0,7668	0,0035

Siguiendo el modelo REM, el coeficiente de regresión de la variable categórica AÑOS DE ENTRENAMIENTO muestra una relación negativa con el rendimiento muscular ($B = -0,2021$) y su significación estadística queda corroborada con la prueba de contraste del modelo ($Q_R = 4,6096$; $p = 0,0318$). La ecuación predictiva de esta variable es $y = -0,2021 \cdot \text{AÑOS DE ENTRENAMIENTO} + 0,3335$, de manera que los participantes con un año de entrenamiento obtendrían un TE = 0,1314 y los participantes con cinco años de entrenamiento obtendrían un TE = -0,677. El porcentaje de la varianza explicada es del 18,91 % ($R^2 = 0,1891$) (Tabla 28). En la Figura 12 podemos observar la representación gráfica de esta meta-regresión.

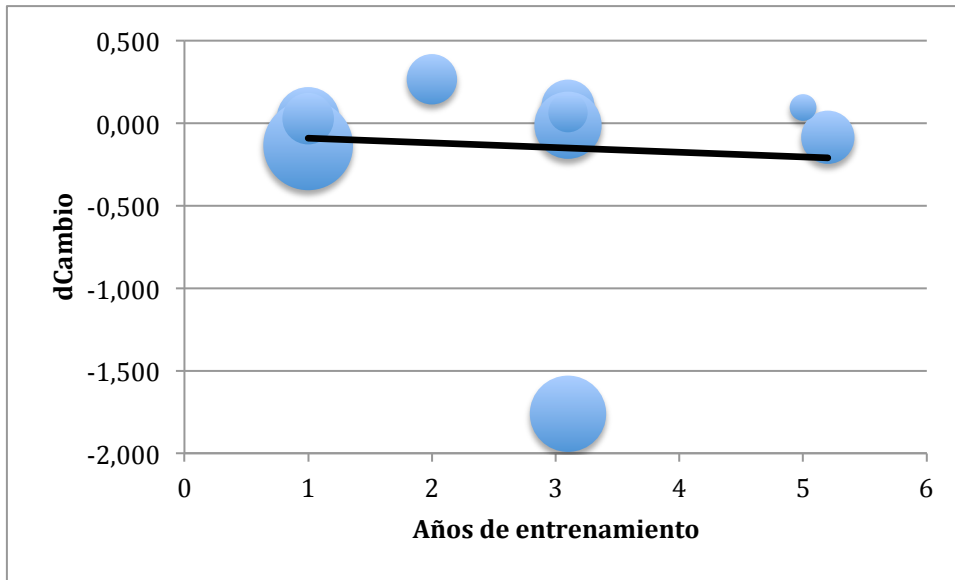


Figura 12. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre los años de entrenamiento de los participantes

Ninguno de los coeficientes de regresión del resto las variables de entrenamiento analizadas posee significación estadística ($p > 0,05$) y los porcentajes de la varianza explicada son bajos (R^2) (Tabla 28). Desde la Figura 20 hasta la Figura 25 del Apéndice XI podemos observar las representaciones gráficas de estas meta-regresiones.

4.3.4.2. Variables metodológicas.

En las variables metodológicas no se pudo llevar a cabo la ANOVA de la variable TECNOLOGÍA debido a la insuficiencia de grados de libertad. Para la variable metodológica CALIDAD se realizó una meta-regresión simple (Tabla 29).

Tabla 29 Resultados de la meta-regresión simples de la variable metodológica cuantitativa CALIDAD

VARIABLE	k	B	Q_r	p	R^2
Calidad	35	-0,1590	0,2827	0,5949	0,0060

Siguiendo el modelo REM, la ausencia de relación entre la variable CALIDAD y el rendimiento muscular queda corroborada con la ausencia de significación estadística de la prueba de contraste del modelo ($Q_r = 0,2827$; $p = 0,5949$), así como con el bajo porcentaje de la varianza explicada ($R^2 = 0,0060$) (Tabla 29). En la Figura 26 del Apéndice XI podemos observar la representación gráfica de esta meta-regresión.

4.3.4.3. Variables extrínsecas.

En las variables extrínsecas se realizaron meta-regresiones simples para las variables AÑO DE PUBLICACIÓN y MUESTRA (Tabla 30).

Tabla 30 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables metodológicas cuantitativas AÑO y MUESTRA

VARIABLE	k	B	Q_R	p	R^2
Año	35	0,0061	0,0271	0,8690	0,0006
Muestra	35	-0,0214	2,2688	0,1320	0,0483

Siguiendo el modelo de cálculo REM, ninguno de los coeficientes de regresión de las variables extrínsecas analizadas posee significación estadística ($p > 0,05$). La ausencia de relación entre las variables extrínsecas y el rendimiento muscular queda corroborada con la ausencia de significación estadística de la prueba de contraste del modelo ($Q_R; p > 0,05$), así como con los bajos porcentajes de la varianza explicada (R^2) (Tabla 30). En la Figura 27 y la Figura 28 del Apéndice XI podemos observar las representaciones gráficas de estas meta-regresiones.

4.3.4.4. Modelos explicativos mediante meta-regresiones múltiples ponderadas.

Se elaboraron modelos explicativos mediante meta-regresiones múltiples ponderadas para observar la influencia de la combinación de diferentes variables moderadoras sobre el rendimiento muscular.

En la Tabla 31 se observa como la combinación de las variables categóricas del modelo 1 (nivel de entrenamiento, años de entrenamiento, edad, altura, peso y género) presentan una asociación estadística no significativa con el TE ($Q_R(6) = 7,6809; p = 0,2624$). Por tanto, no modula el efecto del método de entrenamiento sobre el rendimiento muscular. El porcentaje de varianza explicada por el modelo es del 37,26% ($R^2 = 0,3726$) (Tabla 31).

Tabla 31 Resultados de la meta-regresión múltiple del modelo explicativo 1

MODELO 1 (k=16)			
VARIABLES DEL MODELO	B	p	β
Nivel de entrenamiento	0,0118	0,8279	0,0000
Años de entrenamiento	-0,2312	0,9696	0,0101
Edad (años)	-0,1598	0,1534	-0,4072
Altura (cm)	0,0127	0,8457	0,884
Peso (kg)	-0,0048	0,8868	-0,0710
Género	-0,2073	0,8296	-0,0718
$Q_r(6) = 7,6809; p = 0,2624$			
$R^2 = 0,3726$			

En la Tabla 32 se observa que las variables de entrenamiento del modelo 2 (intensidad, series, repeticiones y recuperación) presentan una asociación estadística no significativa con el TE ($Q_r(4) = 5,8335; p = 0,2119$). Por tanto, no modula el efecto del método de entrenamiento sobre el rendimiento muscular. El porcentaje de varianza explicada por el modelo es del 15,24% ($R^2 = 0,1524$) (Tabla 32).

Tabla 32 Resultados de la meta-regresión múltiples del modelo explicativo 2

MODELO 2 (k=27)			
VARIABLES DEL MODELO	B	p	β
Intensidad (%RM)	-0,0083	0,3478	-0,1917
Series	-0,1072	0,0687	-0,3364
Repeticiones	-0,1299	0,1082	-0,3088
Recuperación (s)	0,0005	0,4973	0,1419
$Q_r(4) = 5,8335; p = 0,2119$			
$R^2 = 0,1524$			

En la Tabla 33 se observa que las variables de entrenamiento del modelo 3 (intensidad, series, repeticiones y recuperación) presentan una asociación estadística no significativa con el TE ($Q_r(5) = 5,6133; p = 0,3457$). Por tanto, no modula el efecto del método de entrenamiento sobre el rendimiento muscular. El porcentaje de varianza explicada por el modelo es del 15,61% ($R^2 = 0,1561$) (Tabla 33).

Tabla 33 Resultados de la meta-regresión múltiples del modelo explicativo 3

MODELO 3 (k=27)			
VARIABLES DEL MODELO	<i>B</i>	<i>p</i>	<i>β</i>
Nivel de entrenamiento	0,0539	0,7642	0,0527
Intensidad	-0,0092	0,3419	-0,2091
Series	-0,1072	0,0795	-0,3339
Repeticiones	-0,1369	0,1071	-0,3235
Recuperación	0,0004	0,5400	0,1330
$Q_R(5) = 5,6133; p = 0,3457$			
$R^2 = 0,1561$			

4.3.5. Conclusiones del análisis estadístico:

- El TE medio de las unidades experimentales tiene una magnitud de -0,0823 no significativa ($p = 0,4146$). Además existe una heterogeneidad significativa ($Q(32) = 46,9787; p = 0,0426$), y un porcentaje bajo de varianza real observada ($I^2 = 31,88\%$) por lo que es necesario buscar variables moderadoras de tal heterogeneidad.
- El TE medio de las unidades de control tiene una magnitud de -0,0354 no significativa ($p = 0,9309$). La heterogeneidad de estas unidades de análisis no posee significación estadística ($Q(1) = 0,0020; p = 0,9644$), el porcentaje de la varianza real observada se considera igual a cero porque $Q < df$ (Borenstein, et al., 2009) y no es necesario buscar variables moderadoras. Debido a que únicamente se disponen de dos unidades de análisis de grupos controles este análisis posee una potencia estadística baja.
- No se observan diferencias estadísticamente significativas cuando se comparan las unidades experimentales con las unidades de control ($Q_B(1) = 0,0125; p = 0,9111$).
- La heterogeneidad de las unidades experimentales viene dada por las unidades de análisis de Bevan 2009, Baker 2003a y Clevidence 2008, analizando las características de estas unidades de análisis se observa que los años de

entrenamiento puede ser la característica común que los diferencie del resto de unidades experimentales.

- La variable sustantiva categórica AÑOS DE ENTRENAMIENTO posee una relación significativa negativa con el rendimiento muscular ($B = -0,2021$; $p = 0,0318$). La ecuación predictiva de esta variable es $y = -0,2021 \cdot \text{AÑOS DE ENTRENAMIENTO} + 0,3335$, de manera que los participantes con un año de entrenamiento obtendrían un TE = 0,1314 y los participantes con cinco años de entrenamiento obtendrían un TE = -0,677. El porcentaje de la varianza explicada por esta variable es del 18,91 % ($R^2 = 0,1891$).
- En la búsqueda de variables moderadoras no se obtiene ninguna otra diferencia estadísticamente significativa que permita resolver la heterogeneidad de los TE.

4.4. Discusión y conclusiones.

Los objetivos específicos del MACP eran: (1) comprobar los efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo; y en el caso de que se obtengan resultados positivos, (2) identificar la relación dosis-respuesta óptima de las variables de entrenamiento, que permita maximizar los beneficios del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo, a partir de los estudios publicados. Para la consecución de estos objetivos se llevó a cabo un MA de aquellos estudios que aplicaran este método de entrenamiento para inducir un aumento de rendimiento a corto plazo en participantes de cualquier nivel de entrenamiento.

A través del proceso de búsqueda se seleccionaron 32 estudios que aportaron 35 unidades de análisis de cada una de las cuales se obtuvieron los TE de la familia *d* “dCambio” entre el pretest y el posttest. De las 35 unidades de análisis, 33 fueron grupos experimentales (443 participantes) y 2 fueron grupos de control (20 participantes).

A continuación se presentan las principales conclusiones del MACP, como no existe hasta la fecha ningún MA previo que estudie la eficacia de este método, la discusión se realizará resaltando las implicaciones prácticas que el MACP tiene en el ámbito del entrenamiento deportivo.

El TE medio obtenido en las unidades de análisis experimentales fue $dCambio = -0,0823$ no estadísticamente significativo ($p = 0,4146$) y de magnitud prácticamente nula según la escala de Cohen (1988). No hemos podido comparar la magnitud del TE medio de este meta-análisis con la escala de Rhea (2004) debido a que los datos de los estudios no aportaban datos suficientes para categorizar a los participantes en los distintos niveles de entrenamiento a partir de los años de entrenamiento de los mismos. La primera consideración que podemos extraer es que el *método de contrastes* no tiene ningún efecto positivo ni negativo sobre el rendimiento muscular a corto plazo, por tanto, su utilización como protocolo de calentamiento previo a la competición no estaría justificada según se desprende de la evidencias científicas integradas en este meta-análisis.

Por otra parte el TE medio de las unidades de control fue $dCambio = -0,0354$ sin significación estadística ($p = 0,9309$) y de magnitud prácticamente nula según la escala de Cohen (1988). A la hora de comparar los TE de las unidades experimentales con las unidades de control no se obtienen diferencias significativas ($Q_B(1) = 0,0125$; $p = 0,9111$), lo cual apoya la consideración del efecto nulo que tiene el *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo. Hay que destacar que únicamente se disponía de dos unidades de control (20 participantes) lo que les otorga una potencia estadística mucho menor que la de las unidades experimentales (443 participantes).

Si observamos los resultados de las pruebas de homogeneidad se observa una significación estadística que indica que es necesario la búsqueda de variables moderadoras de la heterogeneidad ($Q(32) = 46,9787$; $p = 0,0426$), el porcentaje de varianza real observada es bajo ($I^2 = 31,88\%$) según las directrices que aporta Higgins, et al. (2003) en Borenstein, et al., (2009).

Realizando un análisis de sensibilidad se observa que eliminando las unidades experimentales de Bevan 2009, Baker 2003a y Clevidence 2008 del MA se resuelve la heterogeneidad ($Q(29) = 30,5305$; $p = 0,3879$) y el resultado pasa a ser un TE medio positivo a pesar de no tener significación estadística ($dCambio = 0,0322$; $p = 0,6173$). El análisis descriptivo de las características de estas tres unidades experimentales nos permite observar que la media de años de entrenamiento es de

2,44 ± 1,58 mientras que la media del grupo entero es de 4,05 ± 1,34; pudiendo ser esta la razón responsable la de la heterogeneidad aportada por éstas unidades.

En la búsqueda de variables moderadoras responsables de la heterogeneidad de las unidades experimentales, la única significación encontrada se corresponde a la variable sustantiva categórica AÑOS DE ENTRENAMIENTO, que muestra una relación negativa con el rendimiento muscular ($B = -0,2021$; $p = 0,0318$) y el porcentaje de la varianza explicada es del 18,91 % ($R^2 = 0,1891$). Estos datos nos hacen entender que el rendimiento muscular de los participantes que utilizan el *método de contrastes* disminuye con el número de años de entrenamiento de los mismos. Según la ecuación predictiva de esta variable ($y = -0,2021 \cdot \text{AÑOS DE ENTRENAMIENTO} + 0,3335$) los participantes con un año de entrenamiento obtendrían un TE = 0,1314 de magnitud baja según la escala de Cohen (1988) mientras que los participantes con cinco años de entrenamiento obtendrían un TE = -0,677 de magnitud media-alta según la citada escala. Conclusiones similares extrae Peterson, et al. (2005) de un meta-análisis del entrenamiento de la fuerza en el que se establece que la respuesta a las diferentes variables del entrenamiento (volumen, intensidad, frecuencia) disminuye a medida que aumenta el nivel de entrenamiento de los participantes pero sin llegar a reportar un TE negativo.

D. W. Robbins (2005) atribuye la discrepancia de los resultados del método de contrastes a corto plazo a toda una serie de variables que regulan el efecto del método. Estas variables las agrupa en variables de entrenamiento y variables categóricas; y han sido las que se han utilizado para codificar las variables moderadoras sustantivas de las unidades de análisis del MA. En cambio, la ausencia de variables moderadoras encontrada en el MACP discrepa con la afirmación del autor.

Observando el índice I^2 de las unidades experimentales ($I^2 = 31,88\%$) podemos apreciar que el porcentaje de varianza real observada en el MACP es bajo según la escala de Higgins, et al. (2003) en Borenstein, et al. (2009), por tanto la mayoría de la varianza observada en las unidades no es real y viene provocada por el error intra-estudio, esta podría ser la causa de la ausencia de variables moderadoras significativas de las unidades experimentales.

En lo que concierne a los objetivos específicos del MACP, se ha podido comprobar que el *método de contrastes* no tiene ningún efecto significativo sobre el rendimiento muscular a corto plazo de los participantes. Tampoco se ha podido obtener la relación dosis-respuesta óptima de las variables de entrenamiento para maximizar los beneficios del *método de contrastes*, el TE medio era prácticamente nulo y las pruebas de homogeneidad no han mostrado ninguna de estas variables como responsables de la heterogeneidad encontradas en las unidades de análisis experimentales.

Los próximos estudios que evalúen la eficacia del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a corto plazo deberían formar grupos de participantes más homogéneos en función de las variables categóricas de los mismos para, de esta manera poder estudiar mejor los efectos del método en sectores de participantes más concretos y poder obtener las curvas dosis-respuesta que permitan al entrenador poder maximizar la implementación del método de entrenamiento. Además sería conveniente aumentar el tamaño muestral de los estudios para disminuir la varianza intra-estudio.

A pesar de que la PAP es la base fisiológica del *método de contrastes*, en los estudios incluidos en el MACP simplemente se comprueba si existe un aumento del rendimiento muscular después de aplicar dicho método y en ningún momento se comprueba la existencia de la PAP en la musculatura estimulada. Por tanto, no se puede afirmar que la existencia ó, en este caso ausencia, del aumento del rendimiento muscular sea debido a la presencia o no del fenómeno fisiológico de la PAP.

5. PARTE II: EL METAANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL MÉTODO CONTRASTES SOBRE EL RENDIMIENTO MUSCULAR A LARGO PLAZO (MALP).

5.1. Objetivos.

El *método de contrastes* es una práctica habitual de los entrenadores que buscan un aumento de la fuerza explosiva de los deportistas, su principal ventaja es el ahorro de tiempo que supone la aplicación del método en las sesiones de entrenamiento ya que combina series que estimulan la fuerza máxima y la fuerza explosiva, además de poder incluir ejercicios más específicos para la disciplina deportiva, supuestamente potenciados por los ejercicios de alta intensidad ejecutados previamente. En este segundo MA se analizarán los efectos que tiene la aplicación del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a largo plazo. De esta manera se podrá estudiar los efectos de este método de entrenamiento de la fuerza y compararlo con otras metodologías de entrenamiento utilizadas, como puede ser el método pliométrico y el entrenamiento tradicional con sobrecargas.

En este sentido, tendríamos como objetivos específicos de este segundo MA (MALP): (1) comprobar los efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a largo plazo y (2) identificar la relación dosis-respuesta óptima de las variables de entrenamiento, que permita maximizar los beneficios del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a largo plazo, a partir de los estudios publicados.

Para la consecución de los objetivos se aplicó la técnica meta-analítica utilizando los TE de los estudios relacionados existentes.

5.2. Metodología.

Los pasos seguidos en la metodología del MALP fueron los mismos que en el MACP y se enumeran a continuación:

1. Establecimiento de los criterios de inclusión.
2. Identificación de la literatura, metodología para la búsqueda bibliográfica.
3. Codificación de los estudios.

5.2.1. Establecimiento de los criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión establecidos para que los estudios formaran parte del MALP fueron los siguientes:

1. Los estudios debían aplicar el *método de contrastes* con sobrecargas, como protocolo de tratamiento, a participantes de cualquier nivel de entrenamiento.
2. Las variables de entrenamiento del protocolo de tratamiento fueron diseñadas para inducir un aumento del rendimiento muscular a largo plazo (varias semanas).
3. El rendimiento muscular tenía que manifestarse a través de contracciones musculares voluntarias máximas del participantes y relacionadas con actividades de entrenamiento o de competición (saltos, lanzamientos, sprints, movimientos de musculación...). La diferencia del índice de activación muscular existente entre este tipo de contracciones y las contracciones electro-inducidas provoca la exclusión de éstas últimas para evitar discrepancia en los resultados (Baudry & Duchateau, 2007a).
4. El estudio podía incluir uno o varios grupos de tratamiento diferentes, con o sin grupo control, pero todos ellos debían aportar medidas pretest y posttest para poder calcular el TE.
5. Que los participantes fueran expuestos a un único protocolo de tratamiento con sobrecargas. Se excluyeron aquellos estudios que combinaron diferentes protocolos de tratamiento como puede ser la electroestimulación, el entrenamiento isocinético, etc.
6. Los estudios tenían que estar realizados o haber sido publicados entre enero de 1966 y abril de 2009.
7. Los estudios tenían que estar publicados en castellano, catalán, inglés, francés, italiano o portugués, debido a una limitación idiomática.
8. Los estudios tenían que incluir los datos necesarios para calcular los TE (por ejemplo, la media y la desviación estándar de la variable dependiente y el número de participantes del estudio).

5.2.2. Identificación de la literatura, metodología para la búsqueda bibliográfica.

La principal diferencia, respecto al MA anterior (MACP), es que la búsqueda de la literatura se realizó entre aquellos estudios publicados que incluían mediciones de rendimiento muscular en actividades simples (salto, lanzamiento, sprint, movimiento de musculación...) antes y después de un proceso de entrenamiento (de una duración mínima de 4 semanas) en el cual se haya aplicado el *método de contrastes*.

Las estrategias de búsqueda llevadas a cabo para la localización de los estudios fueron las mismas que en el MACP. En primer lugar, se realizó una búsqueda informatizada en las siguientes bases de datos (ISI current contents, Medline (PubMed), Medline (EBSCO), ProQuest Health and Mecal Complete, PsycINFO, SCOPUS, SportDiscus (EBSCO Host) y Web of Science). El periodo de búsqueda estuvo comprendido entre el 11/5/2009 y el 3/6/2009. La ecuación de búsqueda utilizada fue: (“complex training” OR “postactivation potentiation” OR “contrast training”). Se estableció como límite de la búsqueda, la fecha de publicación del estudio desde enero de 1966 hasta abril de 2009.

Se leyeron los resúmenes de los 224 registros identificados y se recuperaron aquellos que eran susceptibles de cumplir con los criterios de selección para ser incluidos en el MA.

Por otra parte, se consultaron las revisiones teóricas de Bishop (2003a, 2003b); Bustos (2007); Chu (1996); Docherty y Hodgson (2007); Docherty, Robbins y Hodgson (2004); W. P. Ebben (2002); Ebben y Watts (1998); Hodgson, Docherty y Robbins (2005); Horwath y Kravitz (2008); Martyn y Paul (2008); Robbins (2005); y Sale (2004; 2002).

Finalmente se realizó una búsqueda manual en revistas relevantes y en las listas de referencias bibliográficas obtenidas de artículos con la finalidad de localizar literatura fugitiva.

Una vez obtenidas todas las referencias, se combinaron los resultados y se excluyeron las duplicadas.

Se escogieron 9 estudios que cumplieran con los criterios de selección. En cuanto a aquellas investigaciones que no aportaban datos suficientes para el cálculo del TE, se contactó vía e-mail con los autores con la finalidad de poder acceder a dichos datos y que pudieran ser incluidos en el MA.

Los estudios seleccionados aportaron un total de 9 unidades de análisis que comparaban la eficacia del *método de contrastes* con las condiciones de control e implicaron una muestra total de 230 participantes. Todos los estudios se encontraban redactados en inglés y fueron llevados a cabo en los países de España (1), Estados Unidos (2), Grecia (1), Inglaterra (2) e Irán (2) y Portugal (1). Las referencias de los 9 estudios incluidos en el MA aparecen en el Apéndice VI. El proceso descrito se puede observar en la Figura 13. Esquema de los pasos seguidos para la identificación de la literatura del MALP.

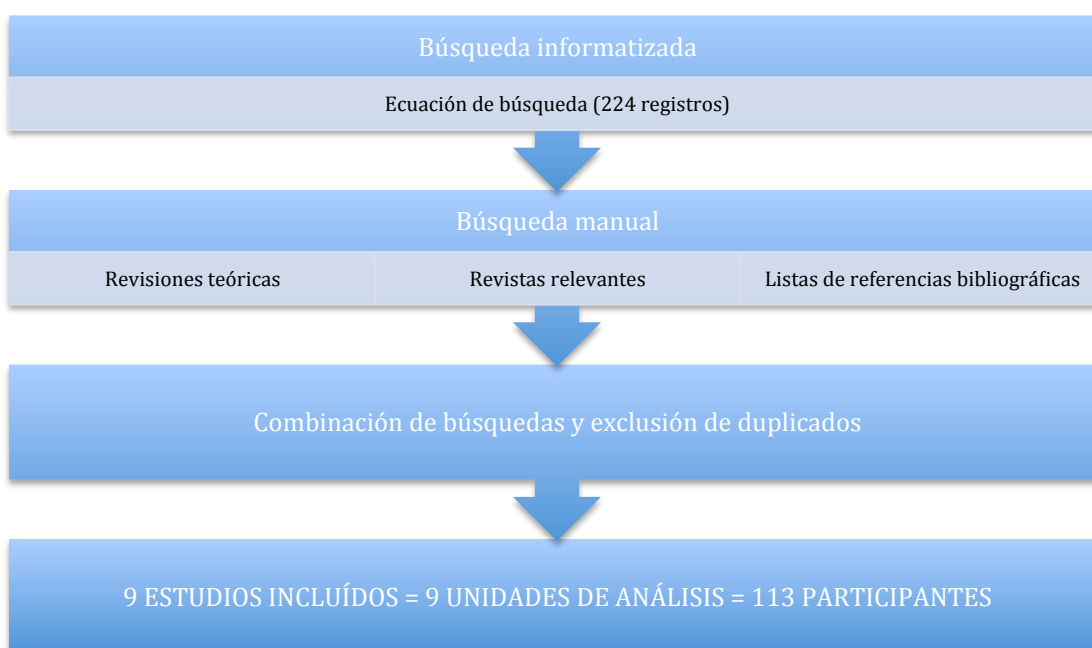


Figura 13. Esquema de los pasos seguidos para la identificación de la literatura del MALP

Se realizaron esfuerzos por conseguir los datos no publicados de algunos estudios, pero no se pudo acceder a todos ellos para incluirlos en el MA. En consecuencia, se realizaron los análisis pertinentes (índice de tolerancia a los resultados nulos y el test de Egger) para comprobar el sesgo de publicación (Rothstein, et al., 2005). Para más detalles ver el apartado 4.2.2.

5.2.3. Codificación de los estudios.

Los estudios que cumplieron los criterios de inclusión fueron codificados por dos investigadores independientes para examinar las variables que pudieran afectar a los resultados de la eficacia del método contrastes sobre el rendimiento muscular. El proceso de codificación se realizó siguiendo el manual de codificación elaborado *ad-hoc* que se recoge en el Apéndice VII. En este manual se establecieron los criterios a seguir para la correcta codificación de las variables moderadoras que fueron recogidas en la tabla de registro del Apéndice VIII.

Las variables codificadas siguieron la misma clasificación general que en el MACP:

a) variables sustantivas, b) categóricas, c) metodológicas y extrínsecas.

a) Las *variables sustantivas*, son las variables moderadoras relacionadas con el objeto de estudio. A su vez fueron divididas en:

- Las *variables de entrenamiento*, son los parámetros de la carga utilizados en el método. Al tratarse de procesos de entrenamiento de una duración mínima de cuatro semanas, estas variables difieren significativamente respecto a las variables de entrenamiento del MACP, distinguiremos entre: la duración del programa de entrenamiento en semanas, la frecuencia del programa de entrenamiento (número de sesiones semanales de entrenamiento), el número total de sesiones del programa de entrenamiento, la contracción muscular predominante de las series de potenciación (concéntrica, isométrica, excéntrica), la intensidad de la serie de potenciación (porcentaje de la repetición máxima -%RM-), el número de series estimulantes de la potenciación, el número de repeticiones de la/s series de potenciación, el tiempo de recuperación entre las series de potenciación, el tiempo de recuperación entre las series de contrastes y la evaluación del rendimiento, la musculatura implicada en el ejercicio de potenciación (extremidades superiores -EES- ó extremidades inferiores -EEI-).
- Las *variables categóricas*, hacen referencia a las características de las muestras de participantes de las unidades de análisis experimentales, y se codificaron en función de: el nivel de entrenamiento, los años de

entrenamiento, la edad media (en años), la altura media (en centímetros), el peso medio (en kilogramos), la distribución por género (proporción de hombres respecto al total de la muestra), la fuerza absoluta media (repetición máxima de los participantes en el ejercicio realizado), y la fuerza relativa (fuerza absoluta dividida entre el peso corporal).

- b) Las *variables metodológicas*, son aquéllas relacionadas con el diseño del estudio y la metodología aplicada para su realización. Se incluyeron en esta categoría las siguientes variables: el diseño del estudio, el tipo de variable dependiente evaluada, el tamaño de la muestra del estudio, el hecho de que los participantes se hubieran asignado aleatoriamente o no cuando el estudio implicó a más de un grupo, el tamaño muestral (en el pretest y en el postest), la mortalidad experimental, el uso de evaluadores enmascarados en el registro de las medidas de resultado (es decir, evaluadores que desconocían qué tratamiento estaban recibiendo los participantes), el uso de análisis por intención de tratar, y la calidad global del diseño, que se codificó en una escala de 0 a 5 puntos (elaborada *ad-hoc*) en función de las valoraciones alcanzadas en los ítems metodológicos.
- c) Las *variables extrínsecas* son las variables que no tienen una implicación directa con el objetivo de la investigación, pero que pueden estar afectando a sus resultados. Por ejemplo, la fecha de publicación del estudio.

Como se comentó en el MACP (ver apartado 4.2.3), la codificación de la validez de los estudios se basó en una escala de calidad elaborada a *ad-hoc* bajo la supervisión del Dr. Julio Sánchez-Meca (comunicación personal 9/2/2010) esta escala difiere en el primer ítem con respecto a la utilizada en el MACP. La escala se detalla a continuación:

1. Naturaleza del grupo control (grupo de control activo ó inactivo).
2. Asignación aleatoria de participantes.
3. Análisis por intención de tratar ("*intent to treat*").
4. No mortalidad experimental (1- mortalidad experimental).
5. Enmascaramiento del evaluador.

Las respuesta a los criterios 1, 2, 3 y 5 se realiza con un simple SI/NO y cada ítem contestado de manera afirmativa aporta un punto al resultado total de la escala. El ítem número cuatro se obtiene restando al valor de uno el valor del ítem 27: MORTAL del manual de codificación del Apéndice VII. La puntuación total de la escala se obtiene sumando el total de los cinco ítems y está comprendido dentro del rango de 0 a 5; siendo 5 el valor máximo de calidad metodológica que un estudio puede obtener.

También se evaluó el acuerdo inter-codificadores (*“coder drift”*) para ver el grado de fiabilidad del proceso de codificación. Dos investigadores codificaron de forma independiente todos los estudios incluidos en el MA y se calcularon índices de acuerdo. Para las variables moderadoras cualitativas el coeficiente *kappa* de Cohen y para las variables moderadoras cuantitativas el coeficiente de correlación de Pearson y la correlación intra-clase. Las inconsistencias entre los codificadores se resolvieron por consenso y se utilizaron para corregir posibles deficiencias en el manual de codificación del Apéndice VII. Se asignó como un nivel de concordancia adecuado los valores *kappa*, Pearson y correlación intra-clase $\geq 0,7$. Los resultados de fiabilidad fueron satisfactorios para todas las variables moderadoras codificadas, alcanzando un grado de acuerdo medio de 0,83.

5.2.4. Índice del Tamaño del Efecto (TE)

Se estableció como unidad de análisis EL ESTUDIO definido por la comparación pretest vs. posttest del grupo experimental frente a la comparación pretest vs. posttest del grupo control. Tuvieron cabida todos aquellos estudios que tomaron medidas pretest y posttest e incluyan algún grupo control.

Debido a que las variables dependientes utilizadas en los estudios para valorar el rendimiento son continuas, el cálculo de los TE se realizó aplicando los índices pertenecientes a la “familia d”. Más concretamente se utilizó la diferencia de cambio medio estandarizado entre las medias del pretest y del posttest de los grupos experimentales y los grupos controles, también llamado “diferencia de cambio medio estandarizada” (Δ) (Morris, 2008), que es el índice que se utiliza para el cálculo del TE de los diseños pretest-posttest con grupo de control y que coincide con nuestra unidad de análisis, mencionada anteriormente.

Las fórmulas para el cálculo del TE, sus varianzas e intervalos de confianza fueron las siguientes (Morris, 2008):

$$d = c(m) \left[\frac{\left(\bar{y}_{Post}^{-T} - \bar{y}_{Pre}^{-T} \right) - \left(\bar{y}_{Post}^{-C} - \bar{y}_{Pre}^{-C} \right)}{S_{Pre}} \right]$$

Fórmula 6. Índice del tamaño del efecto (Δ)

donde \bar{y}_{Pre}^{-T} y \bar{y}_{Post}^{-T} son las medias pretest y posttest del grupo tratado; \bar{y}_{Pre}^{-C} y \bar{y}_{Post}^{-C} son las medias pretest y posttest del grupo de control, y S_{Pre} es la desviación típica promedio en el pretest de los grupos tratado y control, que se obtiene mediante:

$$S_{Pre} = \sqrt{\frac{(n_T - 1)(S_{Pre}^T)^2 + (n_C - 1)(S_{Pre}^C)^2}{n_T + n_C - 2}}$$

Fórmula 7. Desviación típica del tamaño del efecto (Δ)

siendo n_T y n_C los tamaños muestrales de los grupos tratado y control, respectivamente, y S_{Pre}^T y S_{Pre}^C las desviaciones típicas en el pretest de los grupos tratado y de control, respectivamente.

El factor $c(m)$ corrige el ligero sesgo positivo para muestras pequeñas mediante:

$$c(m) = 1 - \frac{3}{4(n_T + n_C) - 9}$$

Fórmula 8. Factor de corrección del tamaño del efecto (Δ)

Para este índice d , la varianza se obtiene mediante:

$$V(d) = [c(m)]^2 \left(\frac{n_T + n_C}{n_T n_C} \right) \left(\frac{n_T + n_C - 2}{n_T + n_C - 4} \right) \left[1 + \frac{(n_T n_C) d^2}{n_T + n_C} \right] - d^2$$

Fórmula 9. Varianza del tamaño del efecto (Δ)

Los índices d positivos indicaron un resultado favorable al tratamiento (método de entrenamiento), es decir, una mejora del cambio medio pretest-posttest del grupo experimental respecto al del grupo de control. Los valores d negativos, en cambio,

indicaron un empeoramiento del cambio medio pretest-postest del grupo experimental respecto a la del grupo de control.

En los casos en los que los estudios que aportaban, para un mismo grupo de participantes, varias medidas de rendimiento muscular, se obtenían los TE de cada variable dependiente y se promediaban para no incurrir en problemas de dependencia estadística (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

En el Apéndice IX se recoge la Tabla de registro de los Índices del TE que se utilizó para cada unidad de análisis del MALP y que es la misma que se utilizó en el MACP. El cálculo de los índices de cada unidad de análisis se realizó a través de una hoja de cálculo elaborada *ad-hoc* con el software Microsoft Excel 2008 para MAC v.12.2.6 (100708).

Con el objetivo de comprobar la fiabilidad de los cálculos del TE, dos investigadores realizaron los cálculos independientemente de los TE de todas de las unidades de análisis del MA, alcanzando un coeficiente de correlación de Pearson satisfactorio entre los índices d obtenidos por ambos de $r = 0,96$.

5.2.5. Análisis estadístico de los datos.

Los pasos a seguir en el proceso de análisis estadístico de los datos fueron los mismos que en el MACP (Figura 10).

Una vez calculados los TE y las varianzas de cada unidad de análisis que formó parte del MA, se eligió el modelo REM, basándose en los factores de los estudios que mejor tienen en cuenta la probabilidad de la existencia de variabilidad en los efectos observados (Borenstein, et al., 2009). La justificación de la elección del modelo de cálculo REM se basa en las recomendaciones de Borenstein, et al. (2009), Hagger (2006) y Sanchez-Meca (2008) que se detallan en la metodología del MACP (apartado 4.2.5).

Tras la elección del modelo de cálculo REM y la obtención del resultado de la prueba de homogeneidad, en el caso de obtener una heterogeneidad significativa, se buscaron las variables moderadoras de dicha heterogeneidad.

Para la búsqueda de las variables moderadoras cualitativas se ejecutó el test-Q, basado en el ANOVA realizando comparaciones entre varios subgrupos de estudios. Para las variables moderadoras cuantitativas se aplicaron meta-regresiones simples (Borenstein, et al., 2009; Sánchez-Meca, 2008).

Para poder evaluar las relaciones existentes entre una ó más covariables (moderadoras) y la variable dependiente (TE) se realizaron meta-regresiones múltiples, intentando proponer un modelo explicativo del TE (Sánchez-Meca, 2008).

La significación estadística se estableció en un valor de $p \leq 0,05$ para todas las pruebas.

Los cálculos se realizaron con una hoja de cálculo del software Microsoft Excel 2008 para Mac OSX elaborada *ad-hoc* por el autor del presente estudio y siguiendo las directrices de Borenstein et al. (2009) y Thomas y Nelson (2007). Además se utilizó el software estadístico SPSS v.15.0 para Windows y las macros de David B. Wilson para el citado software SPSS (estas macros se pueden obtener en la página Web personal del citado profesor: <<http://mason.gmu.edu/~dwilsonb/ma.html>>).

Para la interpretación de los TE utilizó la escala de Cohen (1988) y la escala de Rhea (2004) debido a que se trata de una escala de magnitud de TE propia del ámbito de la investigación del entrenamiento de la fuerza (Tabla 10).

5.3. Resultados.

Tesis defensa copia 2a.docxEn el Apéndice X se facilita la base de datos completa de los estudios del meta-análisis a largo plazo.

Las referencias de los 9 estudios incluidos en el MA aparecen en el Apéndice VI.

5.3.1. Análisis descriptivo de las características de las unidades de análisis.

Se seleccionaron un total de 9 estudios que aportaron 9 unidades de análisis que comparaban el cambio medio pretest-postest del grupo experimental respecto al del grupo de control. Estas unidades implicaron una muestra total de 230 participantes.

El tamaño muestral medio de las unidades de análisis fue de $26,33 \pm 13,08$ participantes

Las 9 unidades de análisis implicaron una muestra total de 230 participantes, de los cuales 113 participantes formaban parte de los grupos de control y 127 participantes recibieron algún tratamiento con el *método de contrastes*. El tamaño muestral medio de las unidades de análisis fue de $14,11 \pm 5,51$ participantes (Tabla 34).

La calidad media del estudio fue de $2,38 \pm 0,69$ puntos de un máximo de 5 puntos posibles en la escala elaborada *ad-hoc* (Tabla 34).

Tabla 34 Estadísticos descriptivos de las variables metodológicas cuantitativas del meta-análisis

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Muestra	9	11,00	54,00	26,33	13,08
Calidad del estudio	9	1,00	3,00	2,38	0,68
No mortalidad experimental	9	1	1,27	1,05	0,98

En la Tabla 35 y la Tabla 36 se observa la distribución de frecuencias de los ítems dcategoricos utilizados para obtener la variable calidad.

Tabla 35 Distribución de frecuencias del ítem naturaleza del grupo control utilizado para el cálculo de la variable metodológica calidad

	Frecuencia		Porcentaje	
	Inactivo	Activo	Inactivo	Activo
Naturaleza del grupo control	5	4	55,60	44,40

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

Tabla 36 Distribución de frecuencias de los ítems asignación aleatoria, análisis por intención de tratar y enmascaramiento del evaluador utilizados para el cálculo de la variable metodológica calidad

	Frecuencia		Porcentaje	
	Sí	No	Sí	No
Asignación aleatoria de participantes	1	8	11,10	88,90
Análisis por intención de tratar	0	9	0,00	100,00
Enmascaramiento del evaluador	0	9	0,00	100,00

En la Tabla 37 se muestra la estadística descriptiva de la variable extrínseca año de publicación

Tabla 37 Estadísticos descriptivos de las variables extrínsecas cuantitativas del meta-análisis

Año de publicación	Frecuencia	Porcentaje (%)
2004/2006	5	55,60
2006/2008	3	33,30
2008/2010	1	11,10
Total	9	100,00

La contracción muscular utilizada en las unidades experimentales fue exclusivamente la de tipo concéntrico (100,00% de los casos, 9 unidades) (Tabla 38).

Tabla 38 Distribución de frecuencias de la variable categórica contracción muscular

	Frecuencia	Porcentaje
Isométrico	0	0,00
Concéntrico	9	100,00
Excéntrico	0	0,00
Total	9	100,00

La estadística descriptiva de las variables de entrenamiento cuantitativas se puede observar en la Tabla 39.

Tabla 39 Estadísticos descriptivos de las variables de entrenamiento cuantitativas del meta-análisis

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Duración del entrenamiento (semanas)	9	4,00	12,00	6,78	2,54
Frecuencia de entrenamiento semanal	8	2,00	3,00	2,33	0,50
Sesiones de entrenamiento	9	8,00	36,00	16,22	8,45
Ejercicios de fuerza	8	3,00	9,00	5,38	2,50
Intensidad (%RM)	9	48,96	84,95	65,46	12,91
Series de fuerza	9	2,33	5,16	3,39	0,88
Repeticiones fuerza	9	5,66	11,00	7,84	1,98
Recuperación inter-series fuerza (s)	6	52,50	180,00	92,50	57,05
Recuperación inter fuerza- pliometría (s)	3	120,00	600,00	360,00	240,00
Ejercicios pliométricos	9	1,00	4,00	3,22	1,09
Repeticiones pliométricas	8	1,00	8,00	3,87	1,95
Series pliométricas	9	5,00	9,50	7,06	1,59
Recuperación inter-series pliometría (s)	5	30,00	210,00	102,00	86,43

El nivel de entrenamiento de los participantes (Tabla 40) se distribuyó entre participantes no entrenados (5 unidades; 55,60%), participantes de nivel recreativo (3 unidades; 33,30%), mientras los participantes federados representaban un 11,10% (1 unidad).

Tabla 40 Distribución de frecuencias de la variable categórica nivel de entrenamiento

	Frecuencia	Porcentaje
No entrenado	5	55,60
Recreativo	3	33,30
Federado	1	11,10
Total	9	100,00

En la Tabla 41 se pueden observar la media y la desviación típica del resto de variables categóricas. Hay que destacar que únicamente hubo un estudio que aportara el dato de los años de entrenamiento de los participantes, por tanto esta variable no pudo ser incluida en ninguno de los análisis posteriores.

Tabla 41 Estadísticos descriptivos de las variables categóricas cuantitativas del meta-análisis

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Años de entrenamiento	1	4,00	4,00	4,00	0,00
Edad (años)	9	12,30	29,00	19,51	4,83
Altura (cm)	8	157,00	179,30	173,68	6,95
Peso (Kg.)	9	50,30	76,00	69,46	7,65
Género	9	0,35	1,00	0,86	0,27

5.3.2. Eficacia del tratamiento.

El objetivo del MALP era comprobar los efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a largo plazo. A continuación, en la Tabla 42 se muestra el TE medio de todas las unidades de análisis.

Tabla 42 Resultados de la ANOVA para la comparación del TE medio de la unidades de análisis experimentales y de control del MALP

GRUPO	k	TE medio (Δ)	I.C. al 95%		Signif.	Homogeneidad
			Li	Ls		
Modelo REM	9	1,2211	0,4540	1,9881	$p = 0,0018^*$	$Q(8) = 48,2316;$ $p < 0,0001$

* Valor- $p < 0,05$ significativo

Siguiendo el modelo REM, los grupos que recibieron el tratamiento del *método de contrastes* presentaron un cambio medio del pretest al postest en rendimiento muscular que se sitúa 1,2211 unidades típicas por encima del grupo control. El TE medio de las unidades de análisis tiene una magnitud alta ($TE > 0,8$) según la escala de Cohen (1988) y posee significación estadística ($p = 0,0018$). Además existe una de heterogeneidad estadísticamente significativa ($Q(8) = 48,2316; p = 0,0000$), con un porcentaje elevado de varianza real observada ($F = 83,41\%$) según la escala de Higgins, et al., (2003) en Borenstein, et al. (2009), por lo que es necesario buscar variables moderadoras de tal heterogeneidad.

En la Figura 14 se observa la distribución de los TE de todas las unidades de análisis y el TE medio.

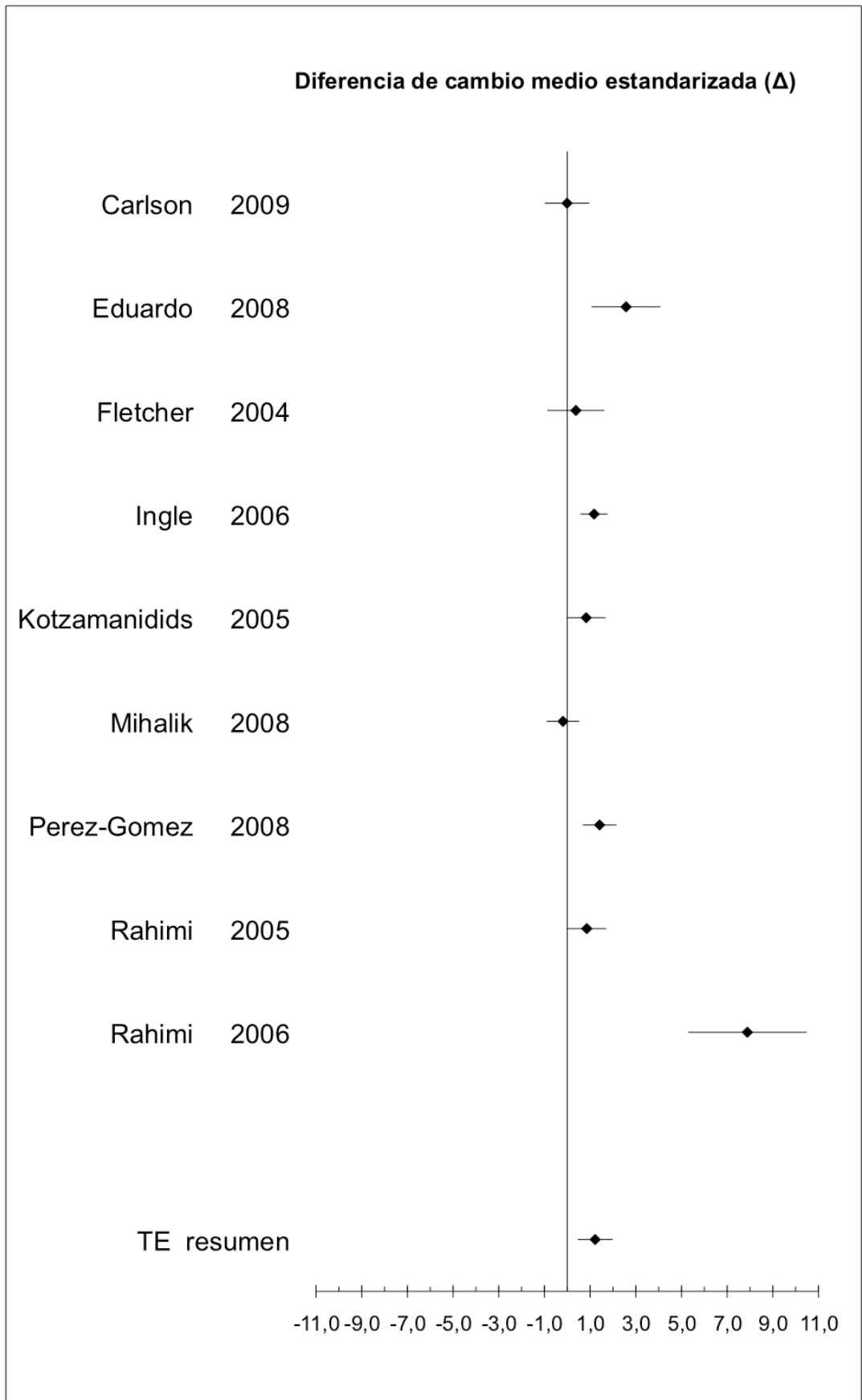


Figura 14. Forest plot las unidades de análisis del MALP

5.3.3. Estudio del sesgo de publicación.

Para comprobar la existencia del sesgo de publicación en el MALP se realizaron dos análisis complementarios: el índice de tolerancia a los resultados nulos, N_{fs} y el test de Egger (Tabla 43). Tanto el test de Egger ($p > 0,05$) como el N_{fs} (valor mayor al doble del número de estudios incluidos en el MA) indican que el sesgo de publicación puede ser descartado en este MA (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

Tabla 43 Análisis del sesgo de publicación

Tamaño del efecto	Índice N_{fs}			Test de Egger			
	K	d_+	N_{fs}	B_0	T	df	p
Rendimiento muscular	9	1,2211	134,19	0,259	0,709	8	0,501

5.3.4. Búsqueda de variables moderadoras.

Debido a la heterogeneidad encontrada en los TE de las unidades de análisis experimentales, realizamos un análisis de subgrupos para la búsqueda de variables moderadoras.

5.3.4.1. Variables sustantivas.

En referencia a las variables de entrenamiento, se realizaron meta-regresiones simples para las variables de entrenamiento DURACIÓN, FRECUENCIA, SESIONES, EJERCICIOS FUERZA, INTENSIDAD FUERZA, SERIES FUERZA, REPETICIONES FUERZA, RECUPERACIÓN INTER-SERIES FUERZA, RECUPERACIÓN FUERZA-PLIOMETRÍA, EJERCICIOS PLIOMETRÍA, SERIES PLIOMETRÍA, REPETICIONES PLIOMETRÍA y RECUPERACIÓN INTER-SERIES PLIOMETRÍA (Tabla 44).

La variable de entrenamiento CONTRACCIÓN no se sometió a ningún análisis debido a que todas las unidades de análisis utilizaron el mismo tipo de contracción durante los tratamientos.

Tabla 44 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables de entrenamiento

VARIABLE	<i>k</i>	<i>B</i>	<i>Q_R</i>	<i>p</i>	<i>R</i> ²
Duración (semanas)	9	-0,0491	0,0799	0,7775	0,0044
Frecuencia	9	-0,5991	0,4633	0,4961	0,0251
Sesiones	9	-0,224	0,1831	0,6687	0,0102
Ejercicios fuerza	8	-0,2440	1,3226	0,2501	0,0822
Intensidad fuerza (%RM)	9	-0,0432	1,4827	0,2233	0,0782
Series fuerza	9	0,3787	0,5264	0,4681	0,0287
Repeticiones fuerza	9	0,0819	0,1335	0,7149	0,0072
Recuperación inter-series fuerza (s)	6	-0,0043	0,1247	0,7240	0,0099
Recuperación fuerza- pliometría (s)	3	0,0022	1,0387	0,3081	0,5095
Ejercicios pliometría	9	0,1573	0,1523	0,6963	0,0083
Series pliometría	9	-0,0242	0,0121	0,9125	0,0006
Repeticiones pliometría	9	-0,0993	0,1308	0,7176	0,0072
Recuperación inter-series pliometría (s)	5	-0,0059	0,2462	0,6198	0,0293

Siguiendo el modelo REM, ninguno de los coeficientes de regresión de las variables de entrenamiento analizadas posee significación estadística ($p > 0,05$) (Tabla 44). Desde la Figura 29 hasta la Figura 41 del Apéndice XII podemos observar la representaciones gráficas de estas meta-regresiones.

Por lo que respecta a las variables categóricas, se realizó un ANOVA de la variable NIVEL DE ENTRENAMIENTO (Tabla 45) y GÉNERO (Tabla 46) y se realizaron meta-regresiones simples para las variables EDAD, ATURA y PESO (Tabla 47).

La meta-regresión simple de la variable categórica AÑOS DE ENTRENAMIENTO no pudo llevarse a cabo debido a la insuficiencia de datos en las unidades de análisis.

Tabla 45 Resultados del ANOVA de la variable moderadora NIVEL DE ENTRENAMIENTO

NIVEL DE ENTRENAMIENTO	k	dCambio	I.C. al 95%	
			Li	Ls
No entrenado	5	2,0427	1,0509	3,0346
Recreativo	3	0,2064	-0,9769	1,3897
Federado	1	0,3770	-1,8675	2,6215
$Q_B(2) = 5,9979; p = 0,0498$ $Q_W(6) = 15,9610; p = 0,0140$ $Q_T(8) = 21,9589; p = 0,0050$				

Siguiendo el REM, la prueba del contraste del modelo es estadísticamente significativa ($Q_B(2) = 5,9979; p = 0,0498$). Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos no entrenado, recreativo y federado. El TE medio de las muestras de participantes no entrenados es de dCambio = 2,0427 con significación estadística debido a que su un intervalo de confianza no incluye el valor cero. El TE medio de las muestras de participantes de nivel recreativo es de dCambio = 0,2064 no significativo y el TE medio de las muestras de participantes federados es del dCambio = 0,3770 no significativo (Tabla 45).

En la variable Género, he observaron que de las 9 unidades de análisis 7 estaban compuestos en su totalidad por participantes de género masculino mientras que sólo 2 unidades presentaron una mezcla de participantes masculinos y femeninos. Debido a la distribución irregular de esta variable cuantitativa, se optó por realizar un ANOVA distinguiendo dos categorías: masculino y mixto.

Tabla 46 Resultados del ANOVA de la variable moderadora GÉNERO

GÉNERO	k	dCambio	I.C. al 95%	
			Li	Ls
Masculino	7	1,5893	0,7992	2,3793
Mixto	2	-0,1047	-1,4787	1,2693
$Q_B(1) = 4,3880; p = 0,0362$ $Q_W(7) = 18,8114; p = 0,0088$ $Q_T(8) = 23,1994; p = 0,0031$				

Seguendo el REM, la prueba del contraste del modelo es estadísticamente significativa ($Q_B(1) = 4,3880$; $p = 0,0362$). Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos masculino y mixto. El TE medio de las muestras formadas exclusivamente por participantes masculinos es de $dCambio = 1,5893$ con significación estadística debido a que su un intervalo de confianza no incluye el valor cero. El TE medio de las muestras mixtas es de $dCambio = -0,1047$ no significativo (Tabla 46).

Tabla 47 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables categóricas

VARIABLE	k	B	Q_R	p	R^2
Edad	9	-0,0773	0,7083	0,4000	0,0380
Altura	8	-0,0130	0,0340	0,8537	0,0021
Peso	9	-0,0232	0,1682	0,6818	0,0093

Seguendo el modelo REM, ninguno de los coeficientes de regresión de las variables categóricas analizadas posee significación estadística ($p > 0,05$) (Tabla 47). Desde la Figura 42 hasta la Figura 44 del Apéndice XII podemos observar la representaciones gráficas de estas meta-regresiones.

5.3.4.2. Variables metodológicas.

En las variables metodológicas se realizó una meta-regresión simple para la variable CALIDAD (Tabla 48).

Tabla 48 Resultado de la meta-regresión simple de la variable metodológica cuantitativa CALIDAD

VARIABLE	k	B	Q_R	p	R^2
Calidad	9	-0,5510	0,8179	0,3658	0,0414

La variable metodológica CALIDAD no presenta un coeficiente de regresión con significación estadística, la ausencia de relación entre esta variable metodológica y el rendimiento muscular queda corroborada con la ausencia de significación estadística de la prueba de contraste del modelo (Q_R ; $p > 0,05$), así como con el bajo porcentaje de la varianza explicada (R^2) (Tabla 48). En la Figura 45 del Apéndice XII podemos observar la representación gráfica de esta meta-regresión.

5.3.4.3. Variables extrínsecas.

En las variables extrínsecas se realizaron meta-regresiones simples para las variables AÑO DE PUBLICACIÓN y MUESTRA (Tabla 49).

Tabla 49 Resultados de las meta-regresiones simples de las variables extrínsecas cuantitativas AÑO y MUESTRA

VARIABLE	k	B	Q_R	p	R^2
Año	9	-0,0834	0,1115	0,7384	0,0058
Muestra	9	-0,0015	0,0020	0,9641	0,0001

Siguiendo el modelo REM, ninguno de los coeficientes de regresión de las variables extrínsecas analizadas posee significación estadística, la ausencia de relación entre esta variable metodológica y el rendimiento muscular queda corroborada con la ausencia de significación estadística de la prueba de contraste del modelo ($Q_R; p > 0,05$). En la Figura 46 y la Figura 47 del Apéndice XII podemos observar las representaciones gráficas de estas meta-regresiones.

5.3.4.4. Modelos explicativos mediante meta-regresiones múltiples ponderadas.

Se elaboraron modelos explicativos mediante meta-regresiones múltiples ponderadas para observar la influencia de la combinación de diferentes variables moderadoras sobre el rendimiento muscular. Debido a la limitación de los grados de libertad ($df=8$), el modelo no aceptaba un gran número de variables, por tanto se establecieron diferentes modelos de cálculo con aquellas variables significativas en el análisis de variables moderadoras.

El modelo explicativo elaborado en el MALP, se realizó con las variables ficticias NIVEL DE ENTRENAMIENTO y la variable GÉNERO. Para comprobar la potencia explicativa de las variables Nivel de Entrenamiento (codificada con dos variables ficticias) y el Género, primero aplicamos una meta-regresión con el modelo completo, es decir, con todos los predictores. Éste es el primer valor Q_R que se presenta en la Tabla 50 ($Q_R(3) = 6,1402, p = 0,1050$), que no resulta significativo. Justo debajo, en la Tabla 51, se detallan las meta-regresiones simples de cada variable moderadora por separado: la variable GÉNERO, que por si sola sí alcanzó

un resultado estadísticamente significativo ($p = 0,0359$), y para la variable NIVEL DE ENTRENAMIENTO, que también alcanzó un resultado significativo por sí sola ($p = 0,0498$). Esto significa que, aunque cada variable por separado sí presenta una relación significativa con el tamaño del efecto, cuando se introducen ambas en un modelo de regresión el modelo completo no alcanza la significación estadística. Esto se debe fundamentalmente a dos causas: al escaso número de estudios (sólo 9 unidades de análisis) y a la intercolinealidad que debe haber entre género y nivel de entrenamiento.

Tabla 50 Resultados de la meta-regresión múltiple del modelo explicativo 1

MODELO 1 (k=9)				
VARIABLES DEL MODELO	Q_R	df	p	R^2
Completo	6.1402	3	0,1050	0,2965
Género	4.4011	1	0,0359	0,1898
Nivel de entrenamiento	5.9979	2	0,0498	0,2731

Para comprobar si la inclusión en el modelo de regresión de un predictor una vez que ya ha sido introducido el otro supone un incremento estadísticamente significativo, en la Tabla 51 se presentan los resultados de un análisis de regresión jerárquico. Según estos resultados, ni la incorporación de la variable GÉNERO ($p > 0,05$) una vez introducido en el modelo la variable NIVEL DE ENTRENAMIENTO, ni la incorporación de la variable NIVEL DE ENTRENAMIENTO ($p > 0,05$) una vez introducida la variable GÉNERO, suponen un incremento estadísticamente significativo. Por tanto, el influjo de estos dos predictores sobre los TE se anula el uno al otro, debido a la intercolinealidad entre ellos y al escaso número de estudios.

Tabla 51 Resultados de la meta-regresión múltiple del modelo jerárquico explicativo

Modelo jerárquico	ΔQ_R	df	p	ΔR^2
Género	0,1423	1	$> 0,05$	0,0234
Nivel Entrenam.	1,7391	2	$> 0,05$	0,1067

ΔQ_R : incremento que se produce en el valor del estadístico Q_R una vez introducido el otro predictor. ΔR^2 : incremento que se produce en la proporción de varianza explicada una vez introducido el otro predictor.

5.3.5. Conclusiones del análisis estadístico.

- El TE medio de las unidades de análisis de análisis tiene una magnitud de 1,2211 y posee significación estadística ($p = 0,0018$) y posee una magnitud alta ($TE > 0,8$) según la escala de Cohen (1988); por tanto se puede afirmar que el *método de contrastes* provoca mejoras significativas a largo plazo del rendimiento muscular equivalentes a 1,2211 unidades típicas superiores a las condiciones de control.
- La prueba de heterogeneidad de las unidades de análisis es significativa ($Q(8) = 48,2316$; $p = 0,0000$) con un porcentaje elevado de varianza real observada de ($I^2 = 83,41\%$) según la escala de Higgins, et al., 2003 en Borenstein, et al. (2009), lo que hace necesario una búsqueda de variables moderadoras.
- Se observan diferencias estadísticamente significativas cuando se comparan las diferentes categorías (no entrenado, recreativo y federado) de las variable NIVEL DE ENTRENAMIENTO ($Q_B(2) = 5,9979$; $p = 0,0498$). Obteniéndose un TE mucho mayor en la categoría no entrenado (dCambio = 2,0427) que en las categorías recreativo (dCambio = 0,2064) y federado (dCambio = 0,3770). Por tanto se concluye que a medida que aumenta el nivel de entrenamiento de los participantes se observa un menor rendimiento muscular derivado del entrenamiento con el *método de contrastes*.
- La variable sustantiva categórica GÉNERO posee diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de participantes masculinos (dCambio = 1,5898) y las muestras mixtas (dCambio = -0,1047) ($Q_B(1) = 4,3880$; $p = 0,0362$). Por tanto se concluye que a mayor proporción de participantes de sexo masculino en la muestra de estudio se observa un mayor aumento del rendimiento muscular a largo plazo.
- En la búsqueda de variables moderadoras no se obtiene ninguna otra diferencia estadísticamente significativa que permita resolver la heterogeneidad de los TE.
- El modelo explicativo compuesto por las variables NIVEL DE ENTRENAMIENTO y GÉNERO no modula de manera significativa el efecto

que tiene el método de entrenamiento sobre el rendimiento muscular ($Q_r(3) = 6,1402$; $p = 0,1050$) y el porcentaje de varianza explicada es de un 29,65 % ($R^2 = 0,2965$).

5.4. Discusión y conclusiones.

Los objetivos específicos del MALP eran: (1) comprobar los efectos del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a largo plazo; y (2) identificar la relación dosis-respuesta óptima de las variables de entrenamiento, que permita maximizar los beneficios del *método de contrastes* sobre el rendimiento muscular a largo plazo, a partir de los estudios publicados. Para la consecución de estos objetivos se llevó a cabo un MA de aquellos estudios que aplicaran este método de entrenamiento para inducir un aumento de rendimiento a largo plazo en participantes de cualquier nivel de entrenamiento.

A través del proceso de búsqueda se seleccionaron 9 estudios que aportaron 9 unidades de análisis de cada una de las cuales se obtuvieron los TE de la familia Δ “diferencia de cambio medio estandarizada” (Δ).

A continuación se presentan las principales conclusiones del MALP, como no existe hasta la fecha ningún MA previo que estudie la eficacia de este método la discusión se realizará resaltando las implicaciones prácticas que el MALP tiene en el ámbito del entrenamiento deportivo.

El TE medio obtenido en las unidades de análisis fue $\Delta = 1,2211$ significativo estadísticamente ($p = 0,0018$) y de magnitud grande ($TE > 0,8$) según la escala de Cohen (1988). La primera conclusión que se puede sacar es que el *método de contrastes* tiene un efecto positivo sobre el rendimiento muscular a largo plazo comparado con las condiciones de control.

Si observamos los resultados de las pruebas de homogeneidad de las unidades de análisis se observa una significación estadística que indica que es necesario la búsqueda de variables moderadoras de la heterogeneidad ($Q(8) = 48,2316$; $p = 0,0000$), el porcentaje de varianza real observada es elevado ($I^2 = 83,41$ %) según las directrices que aporta Higgins, et al. (2003) en Borenstein, et al., (2009).

En la búsqueda de variables moderadoras responsables de la heterogeneidad de las unidades experimentales, únicamente se observó significación estadística en las variables sustantivas metodológicas NIVEL DE ENTRENAMIENTO y GÉNERO.

La comparación de las categorías de la variable moderadora NIVEL DE ENTRENAMIENTO mostraron diferencias estadísticamente significativas ($Q_{(2)} = 5,9979$; $p = 0,0498$). Obteniéndose un TE mucho mayor en la categoría no entrenado (dCambio = 2,0427) que en las categorías recreativo (dCambio = 0,2064) y federado (dCambio = 0,3770). Los datos nos hacen concluir que el rendimiento muscular de los participantes que utilizan el *método de contrastes* disminuye a medida que el nivel de entrenamiento de los mismos es mayor. Por tanto la efectividad del método sería mayor en aquellos participantes de menor nivel de entrenamiento. Estos datos coinciden con las propuestas del *American College of Sports Medicine* (ACSM) las cuales indican que las adaptaciones de los participantes al entrenamiento de fuerza disminuyen a medida que aumenta el nivel de entrenamiento de los mismos (Progression models in resistance training for healthy adults, 2009). Las mismas conclusiones obtuvieron Rhea, et al. (2003) y Peterson, et al. (2004) de las curvas dosis-respuestas de sus MA del entrenamiento de la fuerza.

La variable GÉNERO mostró que las muestras formadas exclusivamente por participantes masculinos obtuvieron un TE de magnitud muy grande (dCambio = 1,5898) y significativa mientras que las muestras mixtas obtuvieron un TE negativo y de magnitud baja (dCambio = -0,1047) y no significativo. Estos datos nos hacen concluir que el rendimiento muscular de los participantes que utilizan el *método de contrastes* aumenta en mayor medida en los participantes de género masculino que en los participantes de género femenino. Por tanto el método sería más eficaz en los hombres que en las mujeres.

Respecto a los objetivos específicos del MALP, se ha podido comprobar que el *método de contrastes* aumenta el rendimiento muscular a largo plazo de los participantes a través de programas de entrenamiento de una duración mínima de cuatro semanas. En cambio, no se ha podido obtener la relación dosis-respuesta óptima de las variables de entrenamiento para maximizar los beneficios del *método de contrastes* ya que ninguna de estas variables se ha mostrado como responsable

estadísticamente significativa de la heterogeneidad encontrada en las unidades de análisis.

A pesar de que se ha podido comprobar la eficacia del *método de contrastes* con respecto a las condiciones de control; hacen falta estudios que comparen la efectividad de dicho método con otras metodologías de entrenamiento y, de esta manera poder establecer que metodología sería más efectiva en cada caso concreto.

6. Conclusiones del trabajo de tesis.

Este es el primer meta-análisis que se realiza sobre el *método de contrastes* para comprobar su eficacia sobre el rendimiento muscular a corto y a largo plazo. La técnica meta-analítica es un proceso sistemático y objetivo que permite sacar conclusiones válidas del problema objeto de estudio.

Según la evidencia científica integrada en el meta-análisis la utilización del *método de contrastes* para el aumento del rendimiento muscular no parece resultar beneficioso cuando se trata de los efectos a corto plazo, en cambio si estaría justificada su utilización para conseguir un aumento de rendimiento a largo plazo mediante un proceso de entrenamiento de un mínimo de cuatro semanas de duración.

Aunque a corto plazo el método no parece útil si hemos encontrado que los años de entrenamiento tienen una relación negativa con el rendimiento a corto plazo, dándose la circunstancia de que los participantes con un año de entrenamiento obtienen un efecto positivo bajo y los participantes con cinco años de entrenamiento obtendrían un efecto negativo de magnitud media-alta.

En los efectos a largo plazo del método, los participantes con un menor nivel de entrenamiento obtienen mayores beneficios que los participantes con un mayor nivel de entrenamiento. Finalmente, los participantes de género masculino se ven más beneficiados por la aplicación del método que los participantes de género femenino.

7. Limitaciones de los meta-análisis.

En el MACP se observa una escasez de grupos de control lo que provoca la utilización de un índice del TE débil limitando la validez de los resultados, por lo que sería aconsejable que los futuros estudios que examinen la eficacia a corto plazo del *método de contrastes* incluyeran grupos de control para tener una estimación más fiable y válida del efecto.

El número de estudios en el MALP es reducido lo que limita el alcance y el grado de generalización de resultados por lo que sería recomendable la realización de más estudios con grupos control que comprueben la eficacia a largo plazo del *método de contrastes* permitiría la realización de meta-análisis con mayor capacidad para detectar variables moderadoras de la heterogeneidad observada en los TE.

En general, el tamaño muestral de todos los estudios, tanto en el MACP como en el MALP, hace que las estimaciones del TE tengan un elevado error de muestreo, lo que explicaría la elevada heterogeneidad encontrada enmascarando las posibles influencias de las variables moderadoras. Debido a lo expuesto sería recomendable disponer de estudios futuros con mayores tamaños muestrales.

La calidad metodológica de los estudios es bastante baja según se desprende de los niveles medios alcanzados en la escala de calidad aplicada tanto en el MACP como en el MALP. Este hecho limita el alcance de las conclusiones de estos dos meta-análisis. Por tanto, sería conveniente que los futuros estudios incrementen la calidad metodológica de sus diseños.

Todas las limitaciones enumeradas nos inducen a pensar que las conclusiones de estos meta-análisis se tienen que tomar con precaución y con carácter provisional, a la espera de poder obtener un mayor número de estudios de mayor calidad metodológica y tamaño muestral que permita aumentar la generalización de los resultados.

8. Perspectivas futuras.

La escasa evidencia relacionada con la efectividad del *método de contrastes* a largo plazo fundamentalmente compara dicho método con las condiciones de control, esto no permite establecer la eficacia de este método respecto a otras formas de entrenamiento de la fuerza, por tanto, sería necesario realizar estudios que contrasten la efectividad del *método de contrastes* con otras metodologías de entrenamiento

La calidad general de los estudios de las ciencias del ejercicio es baja, debido a la ausencia de estudios controlados y aleatorizados y a los pequeños tamaños de las muestras. Esta situación provoca que el grado de validez de las investigaciones sea limitado. La ausencia de estudios controlados y aleatorizados suele ser debido a problemas de aplicación de la metodología, de aquí la necesidad de mejorar los aspectos metodológicos en los estudios primarios para poder implementar cada vez con mayor frecuencia y rigurosidad las técnicas meta-analíticas que permitan aumentar el grado de evidencia de la investigación existente en el campo.

Además de los pequeños tamaños muestrales, éstas suelen ser bastante heterogéneas. Formar grupos de participantes en función del nivel de entrenamiento de los participantes (número de años de entrenamiento) permitiría obtener con mayor facilidad las curvas dosis-respuesta para cada población de participantes.

Afrontar el reto de difundir la investigación existente. El número de estudios que analizan los efectos de las intervenciones sistemáticas a través de métodos de entrenamientos para el desarrollo de la fuerza muscular es enorme. Desafortunadamente, muchas veces se repiten investigaciones ya realizadas por falta de conocimiento, información o familiarización con este tipo de investigación. Por un parte, este modelo de repetición de estudios realizados puede servir para consolidar el conocimiento pero también puede significar una pérdida enorme de energía que podría invertirse en la realización de estudios innovadores. De aquí la necesidad de ser más rigurosos en la realización de MA. El estudio, el análisis, el dominio y el empleo regular de esta técnica facilitarían la sistematización y la síntesis de la enorme cantidad de información existente.

“A menudo las respuestas a muchas de nuestras preguntas pueden encontrarse en la investigación científica ya existente si se organiza correctamente la información disponible y ésta es revisada de una forma más efectiva” (Gutiérrez, 2008).

Día a día surgen nuevas modalidades de ejercicio que son anunciadas/vendidas al gran público. La mayor parte de estos productos/servicios van encaminados a la pérdida de peso y/o modificar su composición corporal. Por su parte los empresarios actúan de manera agresiva al establecer los beneficios de sus productos frente a la competencia llevando a confusión al usuario final generando falsas expectativas. La investigación aplicada en estos servicios suele ser escasa y poco rigurosa. Las nuevas modalidades y tecnologías aplicadas al entrenamiento (plataformas vibratorias, dispositivos de resistencia al salto, máquinas isocinéticas, máquinas de resistencia variables, equipamiento de entrenamiento funcional, tipos de periodización del entrenamiento de la fuerza, etc.) deben ser evaluadas y sintetizadas en un contexto científico riguroso para poder establecer la utilidad real de las mismas. Para esta evaluación resulta de utilidad el empleo del TE como unidad estándar para medir los efectos de los programas de entrenamiento.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, D. (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 198-209.
- Baker, D. (2003). Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 493-497.
- Baker, D., & Newton, R. U. (2005). Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 202-205.
- Baudry, S., & Duchateau, J. (2004). Postactivation potentiation in human muscle is not related to the type of maximal conditioning contraction. *Muscle Nerve*, 30(3), 328-336.
- Baudry, S., & Duchateau, J. (2007a). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the load-velocity relation of tetanic and voluntary shortening contractions. *Journal of Applied Physiology*, 103(4), 1318-1325.
- Baudry, S., & Duchateau, J. (2007b). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md., 102(4))*, 1394-1401.
- Bazett-Jones, D. M., Winchester, J. B., & McBride, J. M. (2005). Effect of potentiation and stretching on maximal force, rate of force development, and range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 421-426.
- Behm, D. G., Button, D. C., Barbour, G., Butt, J. C., & Young, W. B. (2004). Conflicting effects of fatigue and potentiation on voluntary force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2).

- Bevan, H. R., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Kingsley, M. I., & Kilduff, L. P. (2009). Complex training in professional rugby players: influence of recovery time on upper-body power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1780-1785.
- Bishop, D. (2003a). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, 33(6), 439-454.
- Bishop, D. (2003b). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization training for sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. Wiley.
- Brandenburg, J. P. (2005). The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 427-432.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing - Predicting a one-rep max from a reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 64(1), 3.
- Bustos, A. F. (2007). El fenómeno de potenciación muscular. Una revisión. Retrieved from <http://www.fuerzaypotencia.com/articulos/Download/potenciacion.pdf>
- Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1278-1281.
- Chiu, L. Z., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally

- trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677.
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Schilling, B. K., Johnson, E. J., & Wiess, L. W. (2004). Neuromuscular fatigue and potentiation following two successive high intensity resistance exercise sessions. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 385-392.
- Chu, D. A. (1996). *Explosive power and strength: complex training for maximum results*. Champaign, Ill.; United States: Human Kinetics Publishers.
- Clark, R. A., Bryant, A. L., & Reaburn, P. (2006). The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 162-166.
- Clevidence, M. W. (2008). *The Acute Effects of Differing Conditioning Loads on Counter-Movement Jump Performance in the Recreational Athlete*. Master of Science, Ohio University, Ohio.
- Cohen, J. (1977). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). New York: Academic Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cometti, G. (2001). *Los métodos modernos de musculación* (3ª ed.): Paidotribo.
- Comyns, T. M., Harrison, A. J., Hennessy, L. K., & Jensen, R. L. (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 471-476.
- Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The Application of Postactivation Potentiation to Elite Sport. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 2(4), 439-444.

- Docherty, D., Robbins, D., & Hodgson, M. (2004). Complex Training Revisited: A Review of its Current Status as a Viable Training Approach. *Strength & Conditioning Journal*, 26(6).
- Duthie, G. M., Young, W. B., & Aitken, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 530-538.
- Ebben, P., W., Jensen, L., R., Blackard, & O., D. (2000). Electromyographic and Kinetic Analysis of Complex Training Variables. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 451-456.
- Ebben, W. P. (2002). Complex Training: a brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1, 42-46.
- Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(5), 10.
- Evans, A. K., Hodgkins, T. D., Durham, M. P., Berning, J. M., & Adams, K. J. (2000). The acute effects of a 5RM bench press on power output [Abstract]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(S311).
- Folland, J. P., Wakamatsu, T., & Fimland, M. S. (2008). The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex potentiation, and quadriceps femoris performance. *European Journal of Applied Physiology*, 104(4), 739-748.
- Fortó, J. S. (2008). *Teoría del entrenamiento deportivo*. Barcelona: SicropatSport.
- French, Kraemer, & Cooke. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 678-685.
- Garland, S. J., Walton, D., & Ivanova, T. D. (2003). Effect of force level and training status on contractile properties following fatigue. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(1), 93-101.

- González-Badillo, J. J., & Ayestarán, E. G. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza* (2ª edición ed.): INDE.
- Gossen, E. R., Allingham, K., & Sale, D. G. (2001). Effect of temperature on post-tetanic potentiation in human dorsiflexor muscles. *Canadian Journal of Physiology & Pharmacology*, 79(1).
- Gossen, E. R., & Sale, D. G. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology*, 83(6), 524-530.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
- Gutiérrez, A. J. (2008). *Nuevas dimensiones en el entrenamiento de la fuerza: aplicación de nuevos métodos, recursos y tecnologías*. Barcelona: INDE Publicaciones.
- Hagger, M. S. (2006). Meta-analysis in sport and exercise research: Review, recent developments, and recommendations. *European Journal of Sport Science*, 6(2), 103 - 115.
- Hamada, T., Sale, D. G., & Macdougall, J. D. (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 32(2), 403-411.
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md., 88(6)*, 2131-2137.
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2003). Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(2), 165-173.

- Hanson, E. D., Leigh, S., & Mynark, R. G. (2007). Acute Effects of Heavy- and Light-Load Squat Exercise on the Kinetic Measures of Vertical Jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1012-1017.
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.
- Horwath, R., & Kravitz, L. (2008). Postactivation Potentiation: A Brief Review. *IDEA Fitness Journal*, 5(5), 21-23.
- Hrysomallis, C., & Kidgell, D. (2001). Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 426-430.
- Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349.
- Jones, P., & Lees, A. (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 694-700.
- Koch, A. J., O'Bryant, H. S., Stone, M. E., Sanborn, K., Proulx, C., Hruby, J. (2003). Effect of Warm-Up on the Standing Broad Jump in Trained and Untrained Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 710-714.
- Latash, M. (1998). *Neurophysiological basis of movement*. Champaign (IL): Human Kinetics.
- Letelier, L. M., Manríquez, J., & Rada, G. (2005). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: ¿son la mejor evidencia? *Revista Médica de Chile*, 133(2), 4.
- Letzelter, H. (1990). *Entrainement de la force : théorie, méthodes, pratique*. Paris: Vigot.

- Marín-Martínez, F., Sánchez-Meca, J., & López-López, J. A. (2009). El metaanálisis en el ámbito de las Ciencias de la Salud: una metodología imprescindible para la eficiente acumulación del conocimiento. *Fisioterapia*, *31*(3), 107-114.
- Martyn, M., & Paul, C. (2008). Applying Complex Training Principles to Boxing: A Practical Approach. *Strength and Conditioning Journal*, *30*(5), 12.
- Morris, S. B. (2008). Estimating Effect Sizes From Pretest-Posttest-Control Group Designs. *Organizational Research Methods*, *11*(2), 364-386. doi: 10.1177/1094428106291059
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2004). Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(2), 377-382.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(4), 950-958.
- Progression models in resistance training for healthy adults. (2009). *Medicine And Science In Sports And Exercise*, *41*(3), 687-708.
- Rassier. (2000). The effects of length on fatigue and twitch potentiation in human skeletal muscle. *Clinical Physiology*, *20*(6).
- Rassier, D. E., & MacIntosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, *33*, 499-508.
- Requena, B., Zabala, M., Ribas, J., Ereline, J., Pääsuke, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2005). Effect of post-tetanic potentiation of pectoralis and triceps brachii muscles on bench press performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(3).

- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3), 456-464.
- Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453-458.
- Robbins, D. W., & Docherty, D. (2005). Effect of Loading on Enhancement of Power Performance Over Three Consecutive Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4).
- Rothstein, H. R., Sutton, A. J., & Borenstein, M. (2005). *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment, and adjustments*. Chichester (UK): Wiley.
- Sáez, G. C., Abella, C. P., & Manso, J. G. (2006). *El entrenamiento de la hipertrofia muscular*. Sevilla: Wanceulen.
- Saez Saez de Villarreal, E., González-Badillo, J., & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 393-401.
- Sale, D. (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 386-387.
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise And Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.
- Sánchez-Meca, J. (2005). Meta-análisis en ciencias de la actividad física y del deporte *Programa de Doctorado Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León*. León.

- Sánchez-Meca, J. (2008). Meta-análisis de la investigación. In M.A.Vedugo, M.Crespo, M.Badía & B.Arias (Eds.), *Metodología en la investigación sobre discapacidad: Introducción al uso de las ecuaciones estructurales*. Salamanca: Publicaciones del INICO.
- Smith, J. C., & Fry, A. C. (2007). Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 73-76.
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2007). *Métodos de investigación en actividad física* (primera ed.). Badalona (España): Paidotribo.
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.
- Tous, J. (2005). Entrenamiento de la fuerza en los deportes colectivos *Master profesional de alto rendimiento en deportes de equipo*. Barcelona: Mastercede.
- Tous, J. (2006). Avances en el entrenamiento de la fuerza Retrieved 2/2/2007, from www.vfsport.com
- Verkhoshansky, Y. (2007). Supermethods of special physical preparation for high class athlete. *Journal of Sport Strength Training Methodology*, (2). Retrieved from www.verkhoshansky.com website:
- Verkhoshansky, Y., & Siff, M. C. (2004). *Superentrenamiento* (2ª ed.): Paidotribo.
- Young, W. B., Jenner, A., & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 82-84.

Apéndice I. Estudios del meta-análisis a corto plazo.

Baker, D. (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 198-209.

Baker, D. (2003a). Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 493-497.

Baker, D. (2003b). Acute negative effect of a hypertrophy-oriented training bout on subsequent upper-body power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 527-530.

Bazett-Jones, D. M., Winchester, J. B., & McBride, J. M. (2005). Effect of potentiation and stretching on maximal force, rate of force development, and range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 421-426.

Bevan, H. R., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Kingsley, M. I., & Kilduff, L. P. (2009). Complex Training in Professional Rugby Players: Influence of Recovery Time on Upper-Body Power Output. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1780-1785. [1710.1519/JSC.1780b1013e3181b1783f1269](https://doi.org/10.1519/JSC.1780b1013e3181b1783f1269).

Brandenburg, J. P. (2005). The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 427-432.

Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B., et al. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1278-1281.

Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Schilling, B. K., Johnson, E. J., & Wiess, L. W. (2004). Neuromuscular fatigue and potentiation following two successive high intensity resistance exercise sessions. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 385-392.

Clevidence, M. W. (2008). *The Acute Effects of Differing Conditioning Loads on Counter-Movement Jump Performance in the Recreational Athlete*. Master of Science, Ohio University, Ohio.

Duthie, G. M., Young, W. B., & Aitken, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 530-538.

Ebben, P., W., Jensen, L., R., Blackard, & O., D. (2000). Electromyographic and Kinetic Analysis of Complex Training Variables. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 451-456.

Folland, J. P., Wakamatsu, T., & Fimland, M. S. (2008). The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex potentiation, and quadriceps femoris performance. *European Journal of Applied Physiology*, 104(4), 739-748.

Gonzalez-Rave, J. M., Machado, L., Navarro-Valdivielso, F., & Vilas-Boas, J. P. (2009). Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 472-479.

Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342-344.

Hanson, E. D., Leigh, S., & Mynark, R. G. (2007). Acute Effects of Heavy- and Light-Load Squat Exercise on the Kinetic Measures of Vertical Jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1012-1017.

Hrysomallis, C., & Kidgell, D. (2001). Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 426-430.

Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349.

Jones, P., & Lees, A. (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 694-700.

Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I., Owen, N. J., Bennett, M. A., Bunce, P. J., et al. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138.

Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 795-802.

Koch, A. J., O'Bryant, H. S., Stone, M. E., Sanborn, K., Proulx, C., Hruba, J., et al. (2003). Effect of Warm-Up on the Standing Broad Jump in Trained and Untrained Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 710-714.

Lloyd, R., & Deutsch, M. (2008). Effect of order of exercise on performance during a complex training session in rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 803-809.

Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., & Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 68-71.

Matthews, M., O'Conchuir, C., & Comfort, P. (2009). The Acute Effects of Heavy and Light Resistances on the Flight Time of a Basketball Push-Pass During Upper Body Complex Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1988-1995 1910.1519/JSC.1980b1013e3181b1983e1076.

McBride, J. M., Nimphius, S., & Erickson, T. M. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 893-897.

Parry, S., Hancock, S., Shiells, M., Passfield, L., Davies, B., & Baker, J. S. (2008). Physiological Effects of Two Different Postactivation Potentiation Training Loads on Power Profiles Generated During High Intensity Cycle Ergometer Exercise. *Research in Sports Medicine*, 16(1), 56 - 67.

Rahimi, R. (2007). The acute effect of heavy versus light-load squats on sprint performance. *Physical Education and Sport*, 5(2), 163-169.

Reyes, G. F., & Dolny, D. (2009). Acute effects of various weighted bat warm-up protocols on bat velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2114-2118.

Robbins, D. W., & Docherty, D. (2005). Effect of Loading on Enhancement of Power Performance Over Three Consecutive Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4).

Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Ramsey, M. W., & Haff, G. G. (2008). Power and power potentiation among strength-power athletes: Preliminary study. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 55-67.

Weber, K. R., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Zinder, S. M. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 726-730. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181660899

Yetter, M., & Moir, G. L. (2008). The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 159-165.

Apéndice II. Manual de codificación I.

1. INTRODUCCIÓN.

El objeto de este manual es desarrollar de forma detallada el proceso de codificación de las variables moderadoras que serán tomadas en consideración en el MACP. Para ello, se definirá cada variable moderadora, así como las diferentes categorías posibles, su forma de codificación y qué hacer cuando el estudio no aporta información suficiente para su codificación.

Como se escribe en el documento principal, las variables moderadoras del MACP se clasificaron en los siguientes tipos:

1. **Variables sustantivas:** son variables moderadoras relacionadas con el objeto de estudio. Se clasificaron, a su vez, en:
 - a. *Variables de entrenamiento:* se refieren a las características de la intervención, es decir los parámetros de la carga utilizados en el método de entrenamiento. Por ejemplo, volumen, intensidad, pausa, etc.
 - b. *Variables categóricas:* se refieren a las características de los participantes de la unidad de análisis. Por ejemplo, el peso de los participantes.
2. **Variables metodológicas:** son variables relacionadas con el diseño de la investigación, la metodología empleada, el control de variables extrañas, etc. Por ejemplo, la calidad del estudio.
3. **Variables extrínsecas:** se trata de variables que no tienen una implicación directa con el objetivo de la investigación, pero que pueden estar afectando a sus resultados. Por ejemplo, la fecha de publicación del estudio.

1.1. ¿Cuál es la unidad de análisis?

En este apartado se le recuerda al codificador que los estudios empíricos que habitualmente se llevan a cabo sobre la eficacia de los métodos de entrenamiento tienen en común que suelen incorporar medidas pretest y posttest. Algunos estudios

pueden incorporar un único grupo experimental, o bien añadir un grupo de control ó incluso otros grupos de tratamiento alternativos.

Ante esta variedad de diseños se hace preciso definir la unidad de análisis que permita plantear un índice del TE que sea homogéneo, es decir, que pueda ser aplicado de forma individual sobre cada unidad de análisis. Debido a que no todos los estudios incluyen grupo de control, con objeto de no perder estudios, definiremos como unidad de análisis: EL GRUPO. Este viene definido por la comparación pretest vs. posttest. Por tanto, en este MA tienen cabida todos aquellos estudios que tomen medidas pretest y posttest, independientemente de que incluyan algún grupo de control o no.

En el caso de los estudios contrabalanceados (en los que una misma muestra de participantes pasan por las condiciones de control y por las condiciones experimentales) se incluirá una única unidad de análisis como si fuera un estudio con un único grupo experimental, evitando un problema de dependencia estadística de los datos (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

Cuando encontremos un estudio contrabalanceado en el cual hay varios grupos con tratamientos alternativos, pero se utiliza una única muestra de participantes para todos los tratamientos, deberemos escoger una única unidad de análisis dependiendo de si el contrabalanceo se realiza de manera aleatoria ó no. En el caso de ser un contrabalanceo aleatorio se escogerá un tratamiento al azar para que sea codificado. En caso contrario se codificará el tratamiento que los participantes hayan realizado con mayor antelación temporal quedando excluido el otro tratamiento del estudio (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

2. VARIABLES SUSTANTIVAS.

En un MA sobre la eficacia de un método de entrenamiento como el método contrastes, las variables sustantivas que pueden estar moderando los resultados de los tratamientos ó intervenciones pueden estar relacionadas con las características del método (variables de entrenamiento ó parámetros de la carga) y con las características de los participantes (variables categóricas) que reciben el tratamiento. Hay que tener en cuenta que se aplicará este protocolo de registro a cada unidad de análisis por separado.

2.1. Variables de entrenamiento.

Se incluyen en este tipo de variables moderadoras, aquellas relacionadas con los parámetros de la carga del método de entrenamiento (características del tratamiento). Estas variables únicamente serán codificadas para las unidades de análisis que reciban el tratamiento.

Ítem 1: CONTRACCIÓN. Tipo de contracción muscular predominante en la serie de potenciación del rendimiento muscular. Se distinguen entre:

- 0 - Isométrica. Contracciones en las cuales la musculatura aplica una fuerza igual a la resistencia a vencer y el vientre muscular, aparentemente, permanece inmóvil.
- 1 - Concéntrica. Contracciones en las cuales la musculatura aplica una fuerza mayor a la resistencia a vencer y el vientre muscular se acorta.
- 2 - Excéntrica. Contracciones en las cuales la resistencia a vencer es mayor a la fuerza que la musculatura es capaz de aplicar y el vientre muscular se alarga.

Ítem 2: INTENSIDAD. Entendida como porcentaje respecto a la repetición máxima (RM), que representa la carga utilizada en la serie de potenciación del rendimiento muscular. En las series de contracción isométrica la intensidad se deja en blanco, ya que la intensidad de una carga isométrica puede ser a partir del 101% de RM. En el caso de que el estudio utilice diferentes series con diferentes cargas en cada una se calculará la intensidad media relativa de todas las series.

Ítem 3: SERIES. Número de series realizadas como potenciadoras del rendimiento. Cada serie está formada por un número concreto de repeticiones realizadas.

Ítem 4: REPETICIONES. Número de veces que se desplaza la sobrecarga en cada serie de potenciación del rendimiento. En el caso de que el estudio utilice diferentes series con diferentes repeticiones, en cada una se calculará el número medio de repeticiones de todas las series realizadas.

Ítem 5: TIEMPO. Sólo aplicable en las contracciones isométricas. Duración en segundos de la contracción isométrica. En el caso de que el estudio utilice contracciones de diferente duración, se calculará la duración media de todas las repeticiones realizadas.

Ítem 6: REC. Tiempo de recuperación, en segundos (s), que transcurre entre cada serie de potenciación.

Ítem 7: RECUP. Tiempo de recuperación, en segundos (s), que transcurre entre la última serie de potenciación y la evaluación del rendimiento muscular.

Ítem 8: MÚSCULO. Musculatura potenciada. Debido a que la mayoría de ejercicios empleados en el método contrastes suelen ser poliarticulares, e implican a multitud de grupos musculares, se opta por establecer únicamente las categorías de extremidades superiores (EESS) y extremidades inferiores (EEII).

0 - EESS.

1 - EEII.

2.2. Variables categóricas.

En este tipo de variables se incluyen aquellas relacionadas con las características individuales de la muestra de participantes de las unidades de análisis que reciben el tratamiento (método de contrastes). Si el artículo no aporta datos individualizados de la unidad de análisis, se registrarán los datos conjuntos de todos los grupos del artículo.

Ítem 9: NIVEL. Nivel de entrenamiento del participante. Se distingue entre:

0 - NS/NC.

1 - NO entrenado.

2 - Nivel recreativo.

3 - Profesional/federado.

Ítem 10: AÑOS_ENTRENO. Número de años de entrenamiento. Es una variable continua.

Ítem 11: EDAD. Edad media de los participantes del estudio. Es una variable continua. Si se aportan datos globales de los grupos del artículo, se consignarán éstos. Si en lugar de medias, el estudio informa

del rango (edad mínima y edad máxima del grupo) se calculará la media de dicho rango.

Ítem 12: ALTURA. Altura media (en cm.) de los participantes del estudio.

Ítem 13: PESO. Peso medio (en Kg.) de los participantes del estudio.

Ítem 14: GÉNERO. Género de los participantes del estudio. Si aporta datos suficientes, en esta variable se consignará el porcentaje de hombres en la muestra del grupo, o bien, de la muestra total del artículo.

Ítem 15: FZA_ABS. Fuerza absoluta, kilogramos totales levantados en 1 RM. En el caso de que el estudio aporte el número de repeticiones máximas que el participante es capaz de realizar con una determinada sobrecarga se obtendrá el valor de RM de manera indirecta a través de la fórmula de Brzycki (1993).

Ítem 16: FZA_REL. Fuerza relativa, cociente obtenido de dividir la fuerza absoluta entre el peso medio de los participantes.

3. VARIABLES METODOLÓGICAS.

Se incluyen en este bloque un conjunto de variables que tienen que ver con el modo en que se ha llevado a cabo la investigación: tamaño de la muestra, calidad del estudio, etc.

Ítem 17: TECNOLOGÍA. Aparato utilizado para valorar la variable dependiente. Las categorías de esta variable se irán formando a medida que se codifiquen los estudios, por ejemplo, plataforma de fuerzas, plataforma de contactos, encoger lineal, etc.

0 - Plataforma de fuerzas.

1 - Encoder lineal.

2 - Células Fotoeléctricas.

3 - Encoder rotatorio.

4 - Cronógrafo manual.

5 - Ciclo-ergómetro.

6 - Máquina isocinética.

7 - Cinta métrica

8 - NS/NC

Ítem 18: MUESTRA. Tamaño muestral del grupo de participantes del estudio.

Ítem 19: CONTROL. Informó si el estudio poseía grupo control.

0 - NO control.

1 - SÍ control.

Ítem 20: ALEATORIO. Estableció si la formación de grupos del estudio fue aleatoria.

0 - NO.

1 - SI.

Ítem 21: INTENT_TO_TREAT. Se consignará si en el estudio se llevaron a cabo análisis por intención de tratar, o únicamente de los que completaron el tratamiento.

0 - *Análisis sólo de los completers:* Aunque hubo *dropouts* no se hizo *intent-to-treat analysis*.

1 - *Análisis intent-to-treat:* Hubo *dropouts* y se hizo *intent-to-treat analysis*; o bien, no hubo *dropouts* y, en consecuencia, ambos análisis coinciden (*completers* e *intent-to-treat*).

o Dejar en blanco si el estudio no aporta información al respecto.

Ítem 22: N_PRE. En esta variable se consignará el tamaño muestral del grupo en el pretest.

Ítem 23: N_POST. En esta variable se consignará el tamaño muestral del grupo en el posttest.

Ítem 24: MORTAL. En esta variable se consignará la mortalidad del grupo. Se obtendrá restando el tamaño muestral en el posttest (ítem 27) menos el tamaño muestral en el pretest (ítem 26) y dividiendo el resultado entre el tamaño muestral del posttest (ítem 27). Por ejemplo, si un estudio comienza en el pretest con un grupo de 42 participantes y en el posttest quedan 30, significa que se han perdido 12 participantes, por lo que la mortalidad experimental de ese grupo es: $12/42 = 0.28$.

Ítem 25: NO_MORTAL. Índice de participantes que completan el estudio. Se resta a un valor de uno (1) el valor de la mortalidad del grupo (Ítem 24:). El número de muertes experimentales se divide entre el total de participantes y el resultado se le resta al valor de uno. (1 - mortalidad experimental). El valor del ítem puede tener un rango de 0-

1. Siendo el valor de uno (1) cuando no ha habido mortalidad experimental.

Ítem 26: CIEGO. Se estableció si el evaluador es ciego ó bien no se informa de este dato. Si en el estudio sólo hay un grupo de participantes que recibe una determinada intervención, difícilmente los evaluadores pueden ser ciegos al tratamiento aplicado.

0 - NO ciego.

1 - SÍ ciego.

Ítem 27: CALIDAD. Calidad del diseño. Se establecerá una puntuación total de calidad metodológica del diseño del estudio sumando las puntuaciones de los Ítems control (Ítem 19:), aleatorio (Ítem 20:), intent_to_treat (Ítem 21:), no mortal (Ítem 25:) y ciego (Ítem 26:). El valor de este ítem está comprendido dentro del rango de 0 a 5; siendo 5 el valor máximo de calidad metodológica que un estudio puede obtener.

4. VARIABLES EXTRÍNSECAS.

Se incluyen en este último bloque un conjunto de características de los estudios que, en principio, no tienen relación con el objetivo de la investigación ni con la metodología desarrollada, pero que en determinadas situaciones pueden llegar a estar relacionadas con los resultados de las investigaciones. Además, también se incluyen variables que ayudan a la organización de los estudios.

Ítem 28: GRUPO. Esta primera variable permite identificar si el grupo que estamos codificando es de control o experimental:

0 - Experimental.

1 - Control.

Ítem 29: AUTOR. Nombre del autor del estudio.

Ítem 30: AÑO. Año de publicación del estudio.

Apéndice III. Tablas de registro I.

Tabla 52 Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MACP

IDENTIFICADORES DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS	
ESTUDIO_ID	TE_ID

Tabla 53 Tabla de codificación de las variables sustantivas de entrenamiento de las unidades de análisis del MACP

VARIABLES SUSTANTIVAS							
VARIABLES DE ENTRENAMIENTO							
CONTRACCIÓN	INTENSIDAD	SERIES	REPETICIONES	TIEMPO	REC	RECUP	MÚSCULO

Tabla 54 Tabla de codificación de las variables sustantivas categóricas de las unidades de análisis del MACP

VARIABLES SUSTANTIVAS							
VARIABLES CATEGÓRICAS							
NIVEL	AÑOS_ENTRENO	EDAD	ALTURA	PESO	GÉNERO	FZA_ABS	FZA_REL

Tabla 55 Tabla de codificación de las variables metodológicas de los estudios de las unidades de análisis del MACP

VARIABLES METODOLÓGICAS											
VAR_D	VDE	MUEST	CONTR	ALEATO	INTENT_TO_TR	N_P	N_PO	MORT	NO_MOR	CIEG	CALID
EP	SC	RA	OL	RIO	EAT	RE	ST	AL	TAL	O	AD

Tabla 56 Tabla de codificación de las variables extrínsecas de los estudios de las unidades de análisis del MACP

VARIABLES EXTRÍNSECAS		
AUTOR	AÑO	GRUPO

Apéndice IV. Tabla de registro de los tamaños del efecto.

Tabla 57 Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MACP

IDENTIFICADORES DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS	
ESTUDIO_ID	TE_ID

Tabla 58 Tabla de registro para el cálculo de los TE de las unidades de análisis del MACP

CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL EFECTO (TE)												
YPRE	YPOST	SD_PRE	c	dcambio	V(dcambio)	Ls	Li	INTERPRETACIÓN	SD	SE	W	W_REL

Apéndice V. Base de datos completa de los estudios del meta-análisis a corto plazo.

Tabla 59 Unidades de análisis del MACP (I)

AUTOR	AÑO	ESTUDIO_ID	TE_ID	GRUPO	CONTRACCIÓN	INTENSIDAD
Robbins y Docherty	2.005	1	1	0	0	--
Bevan	2.009	2	2	0	1	87
Matthews	2.009	3	3	0	1	85
González-Ravé	2.009	4	4	0	1	90
McBride	2.005	5	5	0	1	90
Bazett-Jones	2.005	6	6	0	1	90
Koch	2.003	7	7	0	1	71
Yetter	2.008	8	8	0	1	47
Baker	2.003	9	9	0	1	65
Baker	2.003	10	10	1	--	--
Weber	2.008	11	11	0	1	85
Baker	2.001	12	12	0	1	--
Gourgoulis	2.003	13	13	0	1	58
Jensen	2.003	14	14	0	1	89
Jensen	2.003	14	15	0	1	89
Duthie	2.002	15	16	0	1	94
Kilduff	2.007	16	17	0	1	94
Jones	2.003	17	18	0	1	85
Baker	2.003	18	19	0	1	65
Baker	2.003	18	20	1	--	--
Hanson	2.007	19	21	0	1	40
Rahimi	2.007	20	22	0	1	60
Masamoto	2.003	21	23	0	1	--
Brandenburg	2.005	21	24	0	1	89
Stone	2.008	22	25	0	1	--
Clevidence	2.008	23	26	0	1	60
Hrysmallis	2.001	24	27	0	1	89
Deutsch	2.008	25	28	0	1	94
Kilduff	2.008	26	29	0	1	87
Chatzopoulos	2.007	27	30	0	1	90
Ebben	2.000	28	31	0	1	92
Parry	2.008	29	32	0	1	30
Francis	2.009	30	33	0	1	--

Chiu	2.004	31	34	0	1	70
Folland	2.008	32	35	0	0	--

Tabla 60 Unidades de análisis del MACP (II)

AUTOR	AÑO	SERIES	REPETICIONES	TIEMPO	REC	RECUP
Robbins y Docherty	2.005	1	1	7	--	240
Bevan	2.009	3	3	--	--	15
Matthews	2.009	1	5	--	--	240
González-Ravé	2.009	1	4	--	--	180
McBride	2.005	1	3	--	--	240
Bazett-Jones	2.005	3	3	--	180	180
Koch	2.003	1	3	--	180	0
Yetter	2.008	3	4	--	120	240
Baker	2.003	3	10	--	90	90
Baker	2.003	--	--	--	--	--
Weber	2.008	1	5	--	--	180
Baker	2.001	1	3	--	--	150
Gourgoulis	2.003	5	2	--	--	300
Jensen	2.003	1	5	--	--	10
Jensen	2.003	1	5	--	--	10
Duthie	2.002	1	3	--	--	300
Kilduff	2.007	1	3	--	--	15
Jones	2.003	1	5	--	--	180
Baker	2.003	1	6	--	--	180
Baker	2.003	--	--	--	--	--
Hanson	2.007	1	8	--	--	300
Rahimi	2.007	2	4	--	120	240
Masamoto	2.003	--	--	--	--	--
Brandenburg	2.005	1	5	--	--	240
Stone	2.008	2	--	--	120	120
Clevidence	2.008	1	5	--	--	300
Hrysomallis	2.001	1	5	--	--	180
Deutsch	2.008	3	1	--	180	600
Kilduff	2.008	3	3	--	--	15
Chatzopoulos	2.007	10	1	--	--	180
Ebben	2.000	1	4	--	--	300
Parry	2.008	5	1	--	120	1.200

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

Francis	2.009	6	3	--	4	30
Chiu	2.004	10	5	--	120	600
Folland	2.008	1	1	10	--	300

Tabla 61 Unidades de análisis del MACP (III)

AUTOR	AÑO	MÚSCULO	NIVEL	AÑOS_ENTRENO	EDAD	ALTURA
Robbins y Docherty	2.005	1	1	1	23,1	187,2
Bevan	2.009	0	3	3	26,0	184,0
Matthews	2.009	0	3	1	21,8	181,6
González-Ravé	2.009	1	1	--	21,6	169,8
McBride	2.005	1	3	--	20,8	184,0
Bazett-Jones	2.005	1	3	--	20,6	181,0
Koch	2.003	1	0	--	20,0	172,0
Yetter	2.008	1	2	--	22,3	177,0
Baker	2.003	0	2	--	19,1	182,7
Baker	2.003	0	2	--	18,8	182,3
Weber	2.008	1	3	1	20,3	180,1
Baker	2.001	1	3	2	25,7	175,7
Gourgoulis	2.003	1	2	--	21,8	178,0
Jensen	2.003	1	3	--	21,4	--
Jensen	2.003	1	3	--	19,6	--
Duthie	2.002	1	2	2	23,7	168,2
Kilduff	2.007	1	3	3	24,0	185,0
Jones	2.003	1	2	--	23,6	179,5
Baker	2.003	0	3	1	23,3	188,1
Baker	2.003	0	3	1	22,4	182,4
Hanson	2.007	1	2	1	22,1	182,0
Rahimi	2.007	1	3	--	22,4	178,0
Masamoto	2.003	1	2	5	20,5	179,1
Brandenburg	2.005	0	2	1	25,4	178,4
Stone	2.008	1	3	--	--	169,3
Clevidence	2.008	1	2	5	20,9	175,6
Hrysomallis	2.001	0	2	3	22,8	181,3
Deutsch	2.008	1	2	3	20,4	183,0
Kilduff	2.008	1	3	3	25,4	187,0
Chatzopoulos	2.007	1	2	5	22,0	186,0
Ebben	2.000	0	3	--	19,0	195,0

Parry	2.008	1	2	--	21,4	178,0
Francis	2.009	0	2	--	20,2	--
Chiu	2.004	1	2	--	21,8	180,0
Folland	2.008	1	2	--	25,3	180,0

Tabla 62 Unidades de análisis del MACP (IV)

AUTOR	AÑO	PESO	GÉNERO	FZA_ABS	FZA_REL	TECNOLOGIA
Robbins y Docherty	2.005	84	1	--	--	0
Bevan	2.009	99	1	134	1,35	1
Matthews	2.009	82	1	--	--	2
González-Ravé	2.009	66	1	--	--	0
McBride	2.005	100	1	--	--	2
Bazett-Jones	2.005	83	1	377	4,52	0
Koch	2.003	74	1	93	1,26	--
Yetter	2.008	89	1	142	1,59	2
Baker	2.003	88	1	113	1,28	3
Baker	2.003	92	1	116	1,26	3
Weber	2.008	73	1	--	--	0
Baker	2.001	85	1	--	--	3
Gourgoulis	2.003	78	1	--	--	0
Jensen	2.003	82	1	--	--	0
Jensen	2.003	78	0	--	--	0
Duthie	2.002	65	0	128	1,98	0
Kilduff	2.007	97	1	153	1,57	1
Jones	2.003	80	1	--	--	0
Baker	2.003	107	1	144	1,34	3
Baker	2.003	92	1	137	1,50	3
Hanson	2.007	81	1	--	--	0
Rahimi	2.007	89	1	183	2,06	4
Masamoto	2.003	87	1	--	--	--
Brandenburg	2.005	88	1	--	--	2
Stone	2.008	98	1	--	--	1
Clevidence	2.008	82	1	161	1,96	0
Hrysomallis	2.001	82	1	86	1,05	0
Deutsch	2.008	94	1	--	--	2
Kilduff	2.008	103	1	201	1,96	0
Chatzopoulos	2.007	88	1	151	1,72	2

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

Ebben	2.000	98	1	118	1,20	0
Parry	2.008	88	1	--	--	5
Francis	2.009	--	1	--	--	2
Chiu	2.004	89	1	154	1,74	1
Folland	2.008	77	1	--	--	6

Tabla 63 Unidades de análisis del MACP (V)

AUTOR	AÑO	MUESTRA	TRATADO	CONTROL	ALEATORIO	INTENT_TO_TREAT
Robbins y Docherty	2.005	16	0	0	0	--
Bevan	2.009	26	0	0	0	--
Matthews	2.009	12	0	0	0	--
González-Ravé	2.009	8	0	0	1	--
McBride	2.005	15	0	0	0	--
Bazett-Jones	2.005	10	0	0	0	--
Koch	2.003	32	0	0	0	--
Yetter	2.008	10	0	0	0	--
Baker	2.003	15	0	1	0	--
Baker	2.003	12	1	1	0	--
Weber	2.008	12	0	0	0	--
Baker	2.001	6	0	0	0	--
Gourgoulis	2.003	20	0	0	0	--
Jensen	2.003	11	0	0	0	--
Jensen	2.003	10	0	0	0	--
Duthie	2.002	11	0	0	0	--
Kilduff	2.007	23	0	0	0	--
Jones	2.003	8	0	0	0	--
Baker	2.003	8	0	1	0	--
Baker	2.003	8	1	1	0	--
Hanson	2.007	30	0	0	0	--
Rahimi	2.007	12	0	0	0	--
Masamoto	2.003	12	0	0	0	--
Brandenburg	2.005	8	0	0	0	--
Stone	2.008	7	0	0	0	--
Clevidence	2.008	10	0	0	0	--
Hrysomallis	2.001	12	0	0	0	--
Deutsch	2.008	8	0	0	0	--
Kilduff	2.008	20	0	0	0	--

Chatzopoulos	2.007	15	0	0	0	--
Ebben	2.000	10	0	0	0	--
Parry	2.008	7	0	0	0	--
Francis	2.009	19	0	0	0	--
Chiu	2.004	12	0	0	0	--
Folland	2.008	8	0	0	0	--

Tabla 64 Unidades de análisis del MACP (VI)

AUTOR	AÑO	N_PRE	N_POST	MORTAL	NO_MORTAL	CIEGO
Robbins y Docherty	2.005	16	16	0	1	0
Bevan	2.009	26	26	0	1	0
Matthews	2.009	12	12	0	1	0
González-Ravé	2.009	8	8	0	1	0
McBride	2.005	15	15	0	1	0
Bazett-Jones	2.005	10	10	0	1	0
Koch	2.003	32	32	0	1	0
Yetter	2.008	10	10	0	1	0
Baker	2.003	15	15	0	1	0
Baker	2.003	12	12	0	1	0
Weber	2.008	12	12	0	1	0
Baker	2.001	6	6	0	1	0
Gourgoulis	2.003	20	20	0	1	0
Jensen	2.003	11	11	0	1	0
Jensen	2.003	10	10	0	1	0
Duthie	2.002	11	11	0	1	0
Kilduff	2.007	23	23	0	1	0
Jones	2.003	8	8	0	1	0
Baker	2.003	8	8	0	1	0
Baker	2.003	8	8	0	1	0
Hanson	2.007	30	30	0	1	0
Rahimi	2.007	12	12	0	1	0
Masamoto	2.003	12	12	0	1	0
Brandenburg	2.005	8	8	0	1	0
Stone	2.008	7	7	0	1	0
Clevidence	2.008	10	10	0	1	0
Hrysomallis	2.001	12	12	0	1	0
Deutsch	2.008	8	8	0	1	0

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

Kilduff	2.008	20	20	0	1	0
Chatzopoulos	2.007	15	15	0	1	0
Ebben	2.000	10	10	0	1	0
Parry	2.008	7	7	0	1	0
Francis	2.009	19	19	0	1	0
Chiu	2.004	12	12	0	1	0
Folland	2.008	8	8	0	1	0

Tabla 65 Unidades de análisis del MACP (VII)

AUTOR	AÑO	CALIDAD	dcambio	Vdcambio	Weight
Robbins y Docherty	2.005	1	0,104	0,073	13,70
Bevan	2.009	1	-2,494	0,188	5,32
Matthews	2.009	1	0,740	0,138	7,23
González-Ravé	2.009	2	0,267	0,185	5,41
McBride	2.005	1	0,163	0,079	12,66
Bazett-Jones	2.005	1	-0,281	0,136	7,35
Koch	2.003	1	-0,085	0,034	29,82
Yetter	2.008	1	0,927	0,205	4,88
Baker	2.003	2	-2,804	0,455	2,20
Baker	2.003	2	-0,052	0,102	9,80
Weber	2.008	1	0,335	0,109	9,17
Baker	2.001	1	0,323	0,304	3,28
Gourgoulis	2.003	1	0,096	0,056	17,86
Jensen	2.003	1	-0,595	0,141	7,09
Jensen	2.003	1	-0,238	0,134	7,46
Duthie	2.002	1	0,028	0,114	8,77
Kilduff	2.007	1	-0,262	0,050	20,12
Jones	2.003	1	-0,012	0,175	5,71
Baker	2.003	2	0,405	0,197	5,07
Baker	2.003	2	-0,015	0,175	5,71
Hanson	2.007	1	0,064	0,036	27,78
Rahimi	2.007	1	1,285	0,212	4,72
Masamoto	2.003	1	0,029	0,102	9,81
Brandenburg	2.005	1	-0,002	0,175	5,71
Stone	2.008	1	0,264	0,227	4,41
Clevidence	2.008	1	-1,761	0,406	2,46
Hrysomallis	2.001	1	-0,134	0,103	9,71

Deutsch	2.008	1	-0,182	0,179	5,59
Kilduff	2.008	1	-0,510	0,064	15,63
Chatzopoulos	2.007	1	0,084	0,194	5,17
Ebben	2.000	1	0,155	0,131	7,63
Parry	2.008	1	0,130	0,217	4,61
Francis	2.009	1	0,316	0,063	15,95
Chiu	2.004	1	-0,733	0,138	7,25
Folland	2.008	1	-0,122	0,177	5,65

Tabla 66 Unidades de análisis del MACP (VIII)

AUTOR	AÑO	Li	Ls	SD	SE
Robbins y Docherty	2.005	-0,43	0,63	0,27	0,07
Bevan	2.009	-3,34	-1,64	0,43	0,08
Matthews	2.009	0,01	1,47	0,37	0,11
González-Ravé	2.009	-0,58	1,11	0,43	0,15
McBride	2.005	-0,39	0,71	0,28	0,07
Bazett-Jones	2.005	-1,00	0,44	0,37	0,12
Koch	2.003	-0,44	0,27	0,18	0,03
Yetter	2.008	0,04	1,81	0,45	0,14
Baker	2.003	-4,13	-1,48	0,67	0,17
Baker	2.003	-0,68	0,57	0,32	0,09
Weber	2.008	-0,31	0,98	0,33	0,10
Baker	2.001	-0,76	1,40	0,55	0,23
Gourgoulis	2.003	-0,37	0,56	0,24	0,05
Jensen	2.003	-1,33	0,14	0,38	0,11
Jensen	2.003	-0,96	0,48	0,37	0,12
Duthie	2.002	-0,63	0,69	0,34	0,10
Kilduff	2.007	-0,70	0,18	0,22	0,05
Jones	2.003	-0,83	0,81	0,42	0,15
Baker	2.003	-0,46	1,28	0,44	0,16
Baker	2.003	-0,84	0,80	0,42	0,15
Hanson	2.007	-0,31	0,44	0,19	0,03
Rahimi	2.007	0,38	2,19	0,46	0,13
Masamoto	2.003	-0,60	0,65	0,32	0,09
Brandenburg	2.005	-0,82	0,82	0,42	0,15
Stone	2.008	-0,67	1,20	0,48	0,18
Clevidence	2.008	-3,01	-0,51	0,64	0,20

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

Hrysomallis	2.001	-0,76	0,49	0,32	0,09
Deutsch	2.008	-1,01	0,65	0,42	0,15
Kilduff	2.008	-1,01	-0,01	0,25	0,06
Chatzopoulos	2.007	-0,78	0,95	0,44	0,11
Ebben	2.000	-0,55	0,86	0,36	0,11
Parry	2.008	-0,78	1,04	0,47	0,18
Francis	2.009	-0,18	0,81	0,25	0,06
Chiu	2.004	-1,46	0,00	0,37	0,11
Folland	2.008	-0,95	0,70	0,42	0,15

Apéndice VI. Estudios del meta-análisis a largo plazo.

Carlson, K., Magnusen, M., & Walters, P. (2009). Effect of Various Training Modalities on Vertical Jump. *Research in Sports Medicine*, 17(2), 84 - 94.

Fletcher, I. M., & Hartwell, M. (2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 59-62.

Ingle, L., Sleaf, M., & Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 987-997.

Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakevou, G., & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 369-375.

Mihalik, J. P., Libby, J. J., Battaglini, C. L., & McMurray, R. G. (2008). Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 47-53.

Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., Royo, I. A., Vicente-Rodriguez, G., Ortiz, R. A., et al. (2008). Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 33(3), 501-510.

Rahimi, R., & Behpur, N. (2005). The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 3(1), 81-91.

Rahimi, R., & Behpur, N. (2006). The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 3(1), 81-91.

Santos, E. J., & Janeira, M. A. (2009). Effects of reduced training and detraining on upper and lower body explosive strength in adolescent male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1737-1744.

Apéndice VII. Manual de codificación II.

1. INTRODUCCIÓN.

El objeto de este manual es desarrollar de forma detallada el proceso de codificación de las variables moderadoras que serán tomadas en consideración en el MALP. Se define cada variable moderadora, así como las diferentes categorías posibles, su forma de codificación y qué hacer cuando el estudio aporta una información insuficiente para su codificación.

Como se escribe en el documento principal, las variables moderadoras del MALP se clasificaron en los siguientes tipos:

1. **Variables sustantivas:** son variables moderadoras relacionadas con el objeto de estudio. Se clasificaron, a su vez, en:
 - a. *Variables de entrenamiento:* se refieren a las características de la intervención, es decir los parámetros de la carga utilizados en el proceso de entrenamiento. Por ejemplo, duración, frecuencia, volumen, intensidad, pausa, etc.
 - b. *Variables categóricas:* se refieren a las características de los participantes de la unidad de análisis. Por ejemplo, el peso, la altura y el nivel de entrenamiento de los participantes.
2. **Variables metodológicas:** son variables relacionadas con el diseño de la investigación, la metodología empleada, el control de variables extrañas, etc. Por ejemplo, la calidad del estudio.
3. **Variables extrínsecas:** Se trata de variables que no tienen una implicación directa con el objetivo de la investigación, pero que pueden estar afectando a sus resultados. Por ejemplo, la fecha de publicación del estudio.

1.1. ¿Cuál es la unidad de análisis?

En este apartado se le recuerda al codificador que los estudios empíricos que habitualmente se llevan a cabo sobre la eficacia de los métodos de entrenamiento tienen en común que suelen incorporar medidas pretest y posttest. Algunos estudios

pueden incorporar un único grupo experimental, o bien añadir un grupo de control ó incluso otros grupos de tratamiento alternativos.

Ante esta variedad de diseños se hace preciso definir la unidad de análisis que permita plantear un índice del tamaño del efecto que sea homogéneo, es decir, que pueda ser aplicado de forma individual sobre cada unidad de análisis. Debido a que no todos los estudios incluyen grupo de control, con objeto de no perder estudios, definiremos como unidad de análisis: EL GRUPO. Este viene definido por la comparación pretest vs. posttest. Por tanto, en este meta-análisis tienen cabida todos aquellos estudios que tomen medidas pretest y posttest, independientemente de que incluyan algún grupo de control o no.

En el caso de los estudios contrabalanceados (en los que una misma muestra de participantes pasan por las condiciones de control y por las condiciones experimentales) se incluirá una única unidad de análisis como si fuera un estudio con un único grupo experimental, evitando un problema de dependencia estadística de los datos (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

Cuando encontremos un estudio contrabalanceado en el cual hay varios grupos con tratamientos alternativos, pero se utiliza una única muestra de participantes para todos los tratamientos, deberemos escoger una única unidad de análisis dependiendo de si el contrabalanceo se realiza de manera aleatoria ó no. En el caso de ser un contrabalanceo aleatorio se escogerá un tratamiento al azar para que sea codificado. En caso contrario se codificará el tratamiento que los participantes hayan realizado con mayor antelación temporal quedando excluido el otro tratamiento del estudio (Sánchez-Meca, comunicación personal 9/2/2010).

2. VARIABLES SUSTANTIVAS.

En un MA sobre la eficacia de un método de entrenamiento como el método contrastes, las variables sustantivas que pueden estar moderando los resultados de los tratamientos ó intervenciones pueden estar relacionadas con las características del método (variables de entrenamiento ó parámetros de la carga) y con las características de los participantes (variables categóricas) que reciben el tratamiento. Hay que tener en cuenta que se aplicará este protocolo de registro a cada unidad de análisis por separado.

2.1. Variables de entrenamiento.

Se incluyen en este tipo de variables moderadoras, aquellas relacionadas con los parámetros de la carga del método de entrenamiento (características del tratamiento) utilizado durante el proceso de entrenamiento. Estas variables únicamente serán codificadas para las unidades de análisis que reciban el tratamiento.

Ítem 1: DURACIÓN. Tiempo en semanas que dura el proceso de entrenamiento.

Ítem 2: FRECUENCIA. Número de días a la semana en los que se realizaban las sesiones de entrenamiento.

Ítem 3: SESIONES. Número total de sesiones realizadas durante el proceso de entrenamiento.

Ítem 4: EJERCICIOS_F. Número de ejercicios de fuerza realizados en cada sesión de entrenamiento, durante el proceso de entrenamiento.

Ítem 5: CONTRACCIÓN. Tipo de contracción muscular predominante en la serie de potenciación del rendimiento muscular. Se distinguen entre:

0 - Isométrica. Contracciones en las cuales la musculatura aplica una fuerza igual a la resistencia a vencer y el vientre muscular, aparentemente, permanece inmóvil.

1 - Concéntrica. Contracciones en las cuales la musculatura aplica una fuerza mayor a la resistencia a vencer y el vientre muscular se acorta.

2 - Excéntrica. Contracciones en las cuales la resistencia a vencer es mayor a la fuerza que la musculatura es capaz de aplicar y el vientre muscular se alarga.

Ítem 6: INTENSIDAD. Porcentaje respecto a la repetición máxima (RM), que representa la carga utilizada en la serie de potenciación del rendimiento muscular. En las series de contracción isométrica la intensidad se deja en blanco, ya que la intensidad de una carga isométrica puede ser a partir del 101% de RM. En el caso de que el estudio utilice diferentes series con diferentes cargas en cada una se calculará la intensidad media relativa de todas las series.

- Ítem 7:** **SERIES_F.** Promedio de series ejecutadas de cada ejercicio de fuerza, en cada sesión de entrenamiento. Cada serie está formada por un número concreto de repeticiones realizadas.
- Ítem 8:** **REPETICIONES_F.** Promedio de repeticiones realizadas en cada serie de los ejercicios de fuerza, promedio de veces que se desplaza la sobrecarga. En el caso de que el estudio utilice diferentes series con diferentes repeticiones, en cada una se calculará el número medio de repeticiones de todas las series realizadas.
- Ítem 9:** **REC_F.** Tiempo de recuperación, en segundos (s), que transcurre entre cada serie de los ejercicios de fuerza.
- Ítem 10:** **RECUP.** Tiempo de recuperación, en segundos (s), que transcurre entre los ejercicios de fuerza y los ejercicios pliométricos.
- Ítem 11:** **EJERCICIOS_P.** Número de ejercicios pliométricos realizados por sesión de entrenamiento, durante el proceso de entrenamiento.
- Ítem 12:** **SERIES_P.** Promedio de series ejecutadas de cada ejercicio pliométrico, en cada sesión de entrenamiento. Cada serie está formada por un número concreto de repeticiones realizadas.
- Ítem 13:** **REPETICIONES_P.** Promedio de repeticiones realizadas en cada serie de los ejercicios pliométricos, promedio de veces que se desplaza la sobrecarga. En el caso de que el estudio utilice diferentes series con diferentes repeticiones, en cada una se calculará el número medio de repeticiones de todas las series realizadas.
- Ítem 14:** **REC_P.** Tiempo de recuperación, en segundos (s), que transcurre entre cada serie de los ejercicios pliométricos.

2.2. Variables categóricas.

En este tipo de variables se incluyen aquellas relacionadas con las características individuales de la muestra de participantes de las unidades de análisis que reciben el tratamiento (proceso de entrenamiento). Si el artículo no aporta datos individualizados de la unidad de análisis, se registrarán los datos conjuntos de todos los grupos del artículo.

- Ítem 15:** **NIVEL.** Nivel de entrenamiento del participante. Se distingue entre:

- 0 - NS/NC.
- 1 - NO entrenado.
- 2 - Nivel recreativo.
- 3 - Profesional/federado.

Ítem 16: AÑOS_ENTRENO. Número de años de entrenamiento. Es una variable continua.

Ítem 17: EDAD. Edad media de los participantes del estudio. Es una variable continua. Si se aportan datos globales de los grupos del artículo, se consignarán éstos. Si en lugar de medias, el estudio informa del rango (edad mínima y edad máxima del grupo) se calculará la media de dicho rango.

Ítem 18: ALTURA. Altura media (en cm.) de los participantes del estudio.

Ítem 19: PESO. Peso medio (en Kg.) de los participantes del estudio.

Ítem 20: GÉNERO. Género de los participantes del estudio. Si aporta datos suficientes, en esta variable se consignará el porcentaje de hombres en la muestra del grupo, o bien, de la muestra total del artículo.

3. VARIABLES METODOLÓGICAS.

Se incluyen en este bloque un conjunto de variables que tienen que ver con el modo en que se ha llevado a cabo la investigación: tamaño de la muestra, calidad del estudio, etc.

Ítem 21: MUESTRA. Tamaño muestral del grupo de participantes del estudio.

Ítem 22: CONTROL. Informó si el estudio poseía grupo control activo o inactivo.

- 0 - Inactivo.
- 1 - Activo.

Ítem 23: ALEATORIO. Estableció si la formación de grupos del estudio fue aleatoria.

- 0 - NO.
- 1 - SI.

Ítem 24: INTENT_TO_TREAT. Se consignará si en el estudio se llevaron a cabo análisis por intención de tratar, o únicamente de los que completaron el tratamiento.

0 - *Análisis sólo de los completers:* Aunque hubo *dropouts* no se hizo *intent-to-treat analysis*.

1 - *Análisis intent-to-treat:* Hubo *dropouts* y se hizo *intent-to-treat analysis*; o bien, no hubo *dropouts* y, en consecuencia, ambos análisis coinciden (*completers* e *intent-to-treat*).

○ Dejar en blanco si el estudio no aporta información al respecto.

Ítem 25: N_PRE. En esta variable se consignará el tamaño muestral del grupo en el pretest.

Ítem 26: N_POST. En esta variable se consignará el tamaño muestral del grupo en el postest.

Ítem 27: MORTAL. En esta variable se consignará la mortalidad del grupo. Se obtendrá restando el tamaño muestral en el postest (ítem 27) menos el tamaño muestral en el pretest (ítem 26) y dividiendo el resultado entre el tamaño muestral del postest (ítem 27). Por ejemplo, si un estudio comienza en el pretest con un grupo de 42 participantes y en el postest quedan 30, significa que se han perdido 12 participantes, por lo que la mortalidad experimental de ese grupo es: $12/42 = 0.28$.

Ítem 28: NO_MORTAL. Índice de participantes que completan el estudio. Se resta a un valor de uno (1) el valor de la mortalidad del grupo (Ítem 24:). El número de muertes experimentales se divide entre el total de participantes y el resultado se le resta al valor de uno. (1 – mortalidad experimental). El valor del ítem puede tener un rango de 0-1. Siendo el valor de uno (1) cuando no ha habido mortalidad experimental.

Ítem 29: CIEGO. Se estableció si el evaluador es ciego ó bien no se informa de este dato. Si en el estudio sólo hay un grupo de participantes que recibe una determinada intervención, difícilmente los evaluadores pueden ser ciegos al tratamiento aplicado.

0 - NO ciego.

1 - Sí ciego.

Ítem 30: CALIDAD. Calidad del diseño. Se establecerá una puntuación total de calidad metodológica del diseño del estudio sumando las puntuaciones de los Ítems control (Ítem 19:), aleatorio (Ítem 20:), intent_to_treat (Ítem 21:), no mortal (Ítem 25:) y ciego (Ítem 26:). El valor de este ítem está comprendido dentro del rango de 0 a 5; siendo 5 el valor máximo de calidad metodológica que un estudio puede obtener.

4. VARIABLES EXTRÍNECAS.

Se incluyen en este último bloque un conjunto de características de los estudios que, en principio, no tienen relación con el objetivo de la investigación ni con la metodología desarrollada, pero que en determinadas situaciones pueden llegar a estar relacionadas con los resultados de las investigaciones. Además, también se incluyen variables que ayudan a la organización de los estudios.

Ítem 31: AUTOR. Nombre del autor del estudio.

Ítem 32: AÑO. Año de publicación del estudio.

Apéndice VIII. Tablas de registro II.

Tabla 67 Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MALP

IDENTIFICADORES DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS	
ESTUDIO_ID	TE_ID

Tabla 68 Tabla de codificación de las variables sustantivas de entrenamiento de las unidades de análisis del MALP

VARIABLES SUSTANTIVAS										
VARIABLES DE ENTRENAMIENTO										
DURACI ÓN	FRECUEN CIA	NUM_SESIO NES	CONTRACCI ÓN	INTENSID AD	SERI ES	REPETICIO NES	TIEM PO	RE C	REC UP	MÚSCU LO

Tabla 69 Tabla de codificación de las variables sustantivas categóricas del MALP

VARIABLES SUSTANTIVAS							
VARIABLES CATEGÓRICAS							
NIVEL	AÑOS_ENTRENO	EDAD	ALTURA	PESO	GÉNERO	FZA_ABS	FZA_REL

Tabla 70 Tabla de codificación de las variables metodológicas de las unidades de análisis del MALP

VARIABLES METODOLÓGICAS											
VAR_D EP	VDE SC	MUEST RA	CONTR OL	ALEATO RIO	INTENT_TO_TR EAT	N_P RE	N_PO ST	MORT AL	NO_MOR TAL	CIEG O	CALID AD

Tabla 71 Tabla de codificación de las variables extrínsecas de las unidades de análisis del MALP

VARIABLES EXTRÍNSECAS		
AUTOR	AÑO	GRUPO

Apéndice IX. Tabla de registro de los tamaños del efecto.

Tabla 72 Tabla de codificación de los identificadores de las unidades de análisis del MALP

IDENTIFICADORES DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS	
ESTUDIO_ID	TE_ID

Tabla 73 Tabla de registro para el cálculo de los TE de las unidades de análisis del MALP

CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL EFECTO (TE)												
YPRE	YPOST	SD_PRE	c	dcambio	V(dcambio)	Ls	Li	INTERPRETACIÓN	SD	SE	W	W_REL

Apéndice X. Base de datos completa de los estudios del meta-análisis a largo plazo.

Tabla 74 Unidades de análisis del MALP (I)

AUTOR	AÑO	ESTUDIO_ID	TE_ID	GRUPO	DURACIÓN	FRECUENCIA
Kotzamanidis	2.005	1,00	1	0,00	9,00	2,00
Pérez-Gómez	2.008	2,00	3	0,00	6,00	3,00
Rahimi	2.006	3,00	5	0,00	6,00	2,00
Eduardo	2.008	4,00	7	0,00	10,00	2,00
Carlson	2.009	5,00	9	0,00	6,00	3,00
Fletcher	2.004	6,00	11	0,00	8,00	2,00
Mihalik	2.008	7,00	13	0,00	4,00	2,00
Ingle	2.005	8,00	15	0,00	12,00	3,00
Rahimi	2.005	9,00	17	0,00	6,00	2,00

Tabla 75 Unidades de análisis del MALP (II)

AUTOR	AÑO	SESIONES	EJERCICIOS_F	CONTRACCION	INTENSIDAD_F	SERIES_F
Kotzamanidis	2.005	18,00	--	1,00	84,95	4,00
Pérez-Gómez	2.008	18,00	4,00	1,00	63,06	5,16
Rahimi	2.006	12,00	4,00	1,00	48,96	3,75
Eduardo	2.008	20,00	6,00	1,00	72,20	2,50
Carlson	2.009	18,00	8,00	1,00	62,50	3,00
Fletcher	2.004	16,00	9,00	1,00	83,32	3,00
Mihalik	2.008	8,00	3,00	1,00	60,00	3,00
Ingle	2.005	36,00	8,00	1,00	65,15	2,33
Rahimi	2.005	12,00	4,00	1,00	48,96	3,75

Tabla 76 Unidades de análisis del MALP (III)

AUTOR	AÑO	REPETICIONES_F	REC_F	RECUP	EJERCICIOS_P	SERIES_P
Kotzamanidis	2.005	5,66	180,00	600,00	1,00	1,00
Pérez-Gómez	2.008	6,63	--	--	2,00	13,00
Rahimi	2.006	7,00	52,50	--	4,00	13,75
Eduardo	2.008	11,00	150,00	--	12,00	14,25
Carlson	2.009	10,00	--	--	4,00	8,00
Fletcher	2.004	7,00	--	--	4,00	3,00
Mihalik	2.008	6,00	60,00	120,00	3,00	3,00
Ingle	2.005	10,14	60,00	360,00	4,00	2,50
Rahimi	2.005	7,06	52,50	--	4,00	4,10

Tabla 77 Unidades de análisis del MALP (IV)

AUTOR	AÑO	REPETICIONES_P	REC_P	NIVEL	AÑOS_ENTRENO	EDAD
Kotzamanidis	2.005	5,00	180,00	2,00	4,00	17,40
Pérez-Gómez	2.008	5,00	--	1,00	--	23,40
Rahimi	2.006	6,69	30,00	1,00	--	19,11
Eduardo	2.008	8,18	93,48	1,00	--	14,70
Carlson	2.009	9,50	--	2,00	--	20,00
Fletcher	2.004	8,00	--	3,00	--	29,00
Mihalik	2.008	6,00	60,00	2,00	--	20,60
Ingle	2.005	9,00	--	0,00	--	12,30
Rahimi	2.005	6,87	30,00	1,00	--	19,11

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

Tabla 78 Unidades de análisis del MALP (V)

AUTOR	AÑO	ALTURA	PESO	GÉNERO	MUESTRA	CALIDAD
Kotzamanidis	2.005	177,00	74,25	1,00	24,00	1,00
Pérez-Gómez	2.008	174,90	71,20	1,00	37,00	2,16
Rahimi	2.006	174,22	68,56	1,00	24,00	2,00
Eduardo	2.008	175,90	72,70	1,00	15,00	3,00
Carlson	2.009	--	69,50	0,41	17,00	3,00
Fletcher	2.004	179,30	76,00	1,00	11,00	3,00
Mihalik	2.008	176,91	74,05	0,35	31,00	3,00
Ingle	2.005	157,00	50,30	1,00	54,00	2,27
Rahimi	2.005	174,22	68,56	1,00	24,00	2,00

Tabla 79 Unidades de análisis del MALP (VI)

AUTOR	AÑO	dCambio	var_dCambio	Ls	Li	SD	SE
Kotzamanidis	2.005	0,83	0,19	1,68	-0,02	0,43	0,09
Pérez-Gómez	2.008	1,41	0,14	2,15	0,67	0,38	0,06
Rahimi	2.006	7,89	1,76	10,48	5,29	1,33	0,27
Eduardo	2.008	2,58	0,59	4,08	1,07	0,77	0,20
Carlson	2.009	-0,01	0,25	0,96	-0,98	0,50	0,12
Fletcher	2.004	0,40	0,32	1,50	-0,71	0,56	0,23
Mihalik	2.008	0,27	0,08	0,83	-0,29	0,29	0,07
Ingle	2.005	1,40	0,09	1,99	0,82	0,30	0,06
Rahimi	2.005	2,46	0,45	3,77	1,15	0,67	0,19

Apéndice XI. Información complementaria de los resultados del meta-análisis a corto plazo.

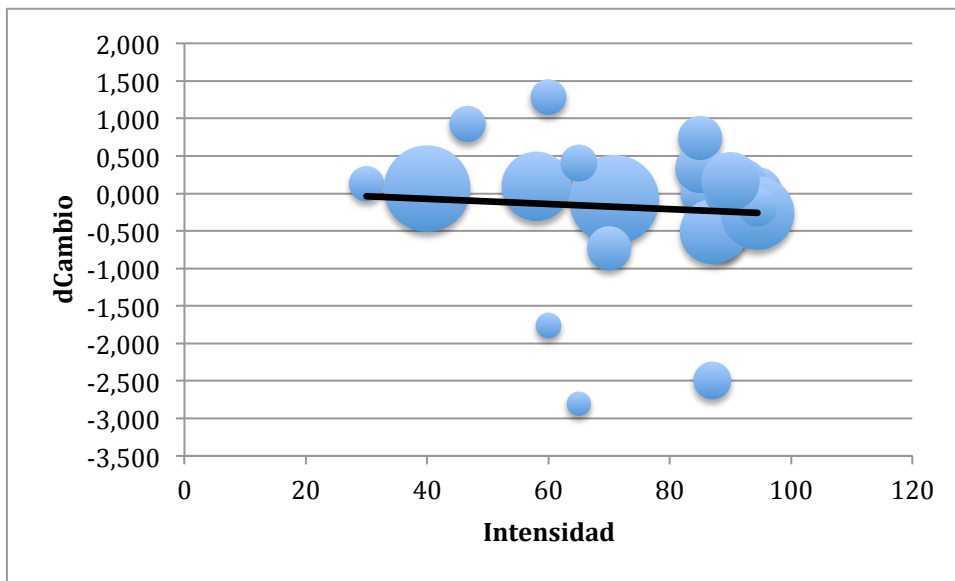


Figura 15. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la intensidad

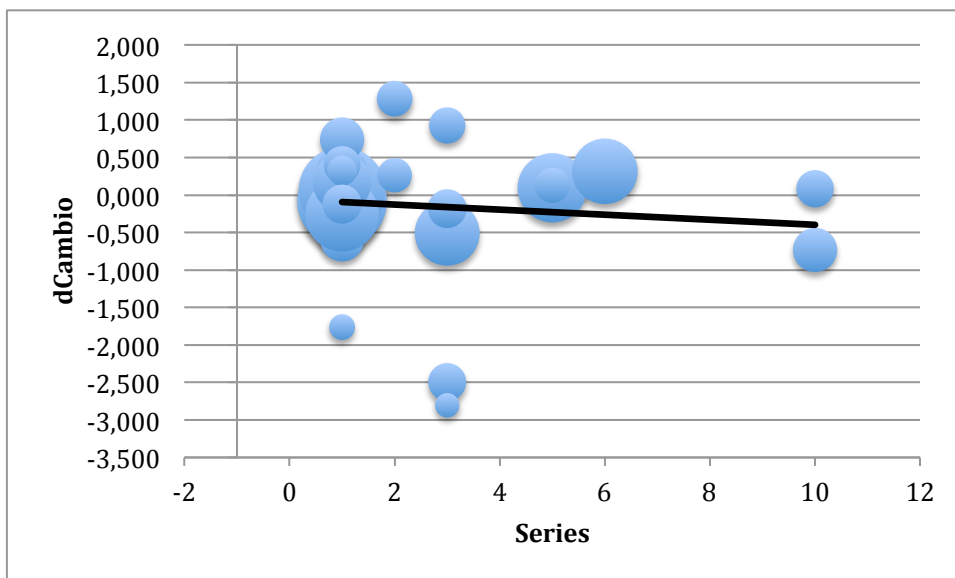


Figura 16. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las series

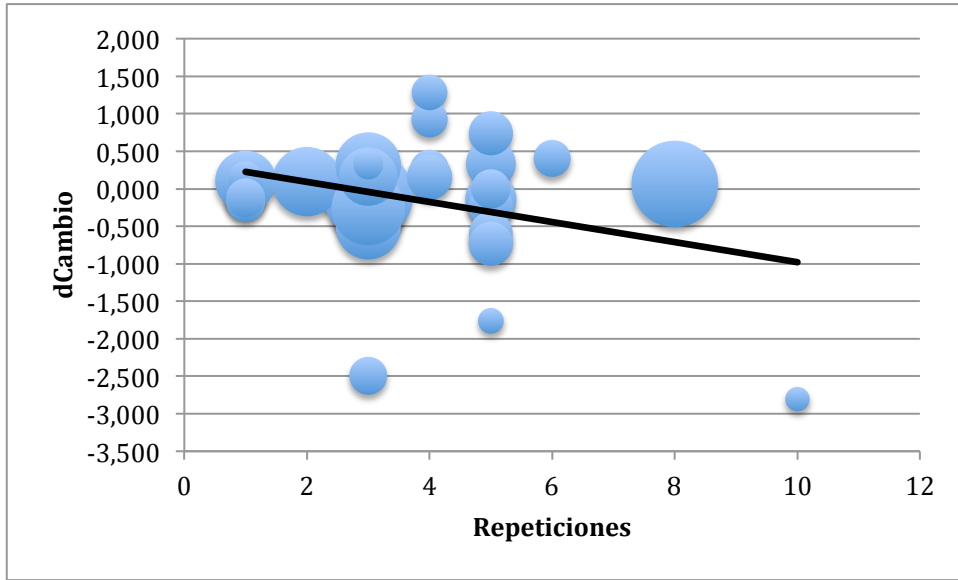


Figura 17. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las repeticiones

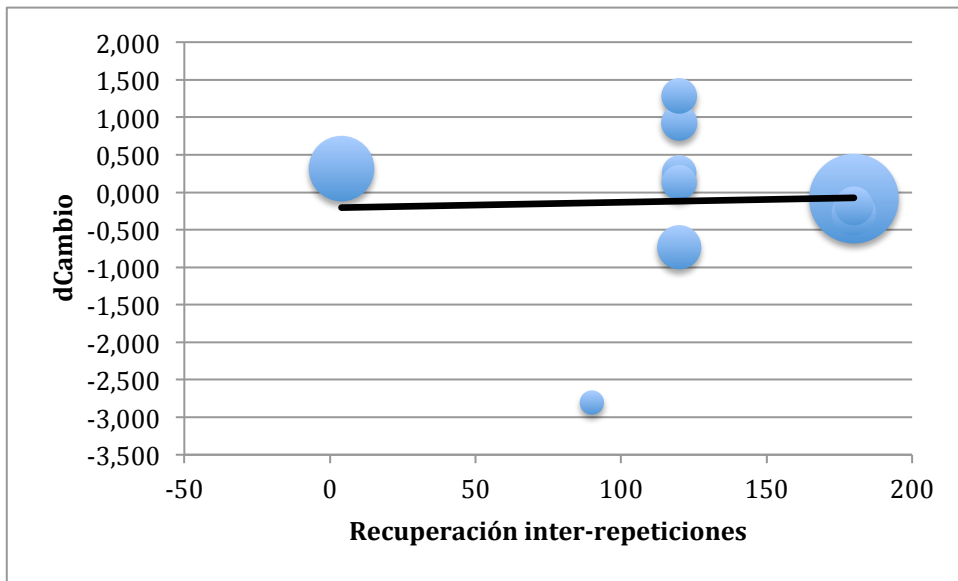


Figura 18. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la recuperación inter-repeticiones

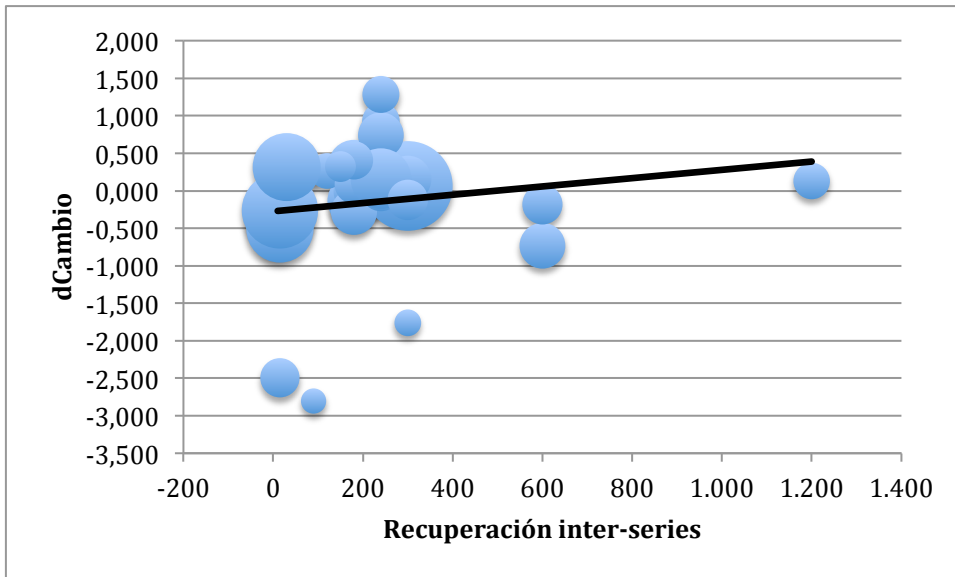


Figura 19. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la recuperación inter-series

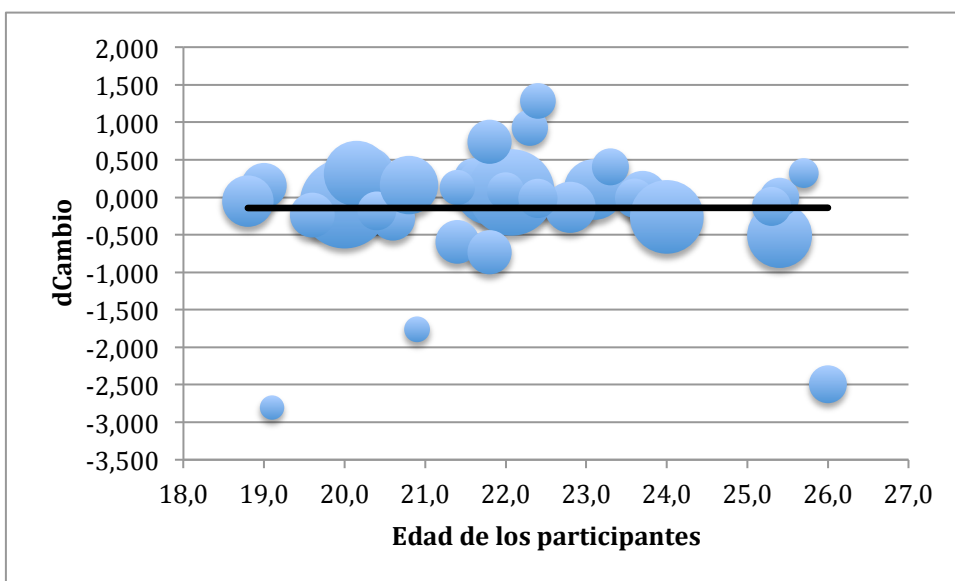


Figura 20. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la edad de los participantes

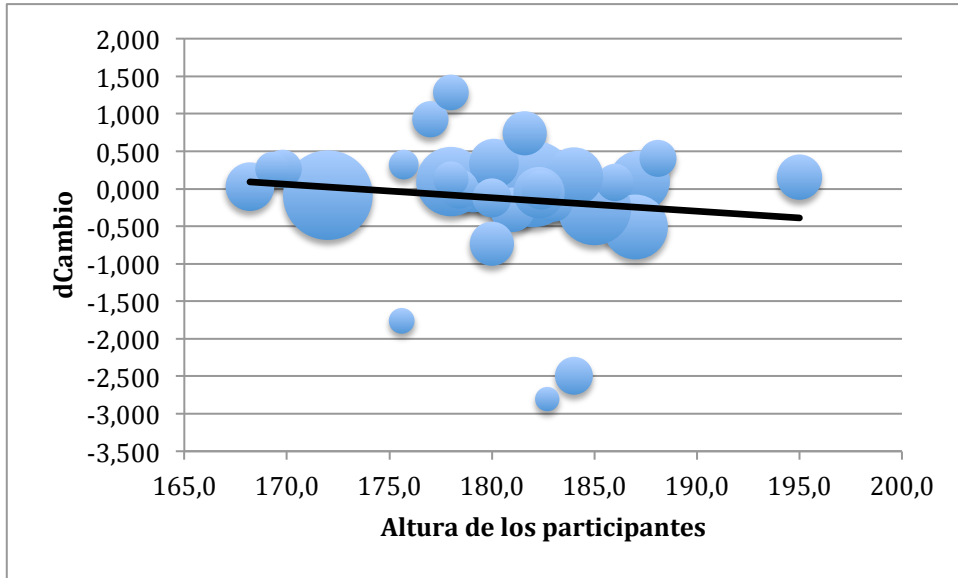


Figura 21. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la altura de los participantes

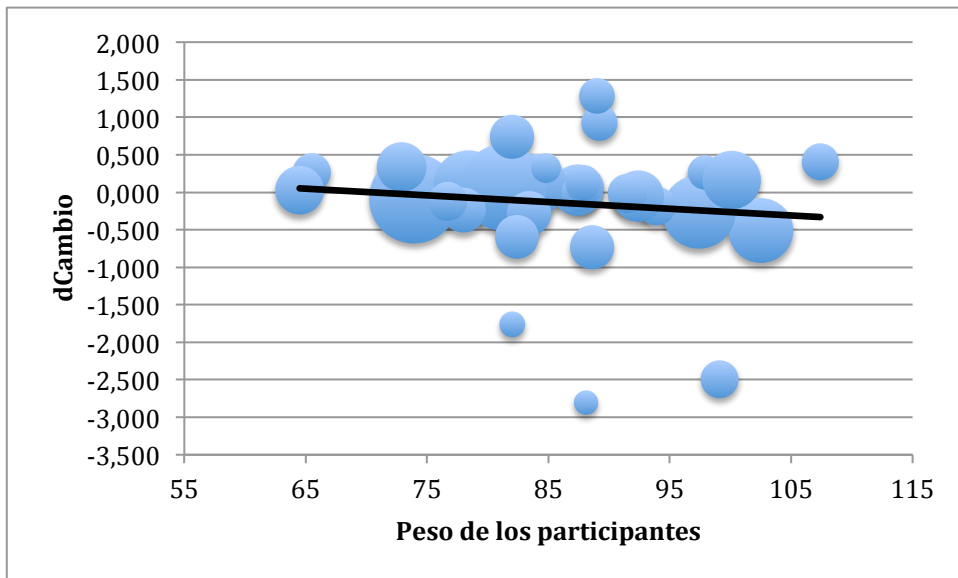


Figura 22. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el peso de los participantes

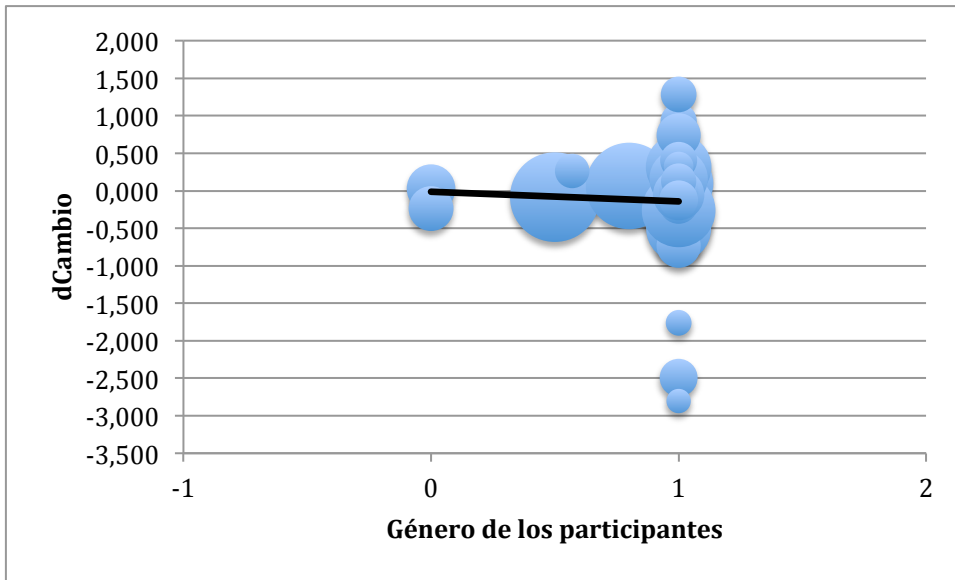


Figura 23. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el género de los participantes

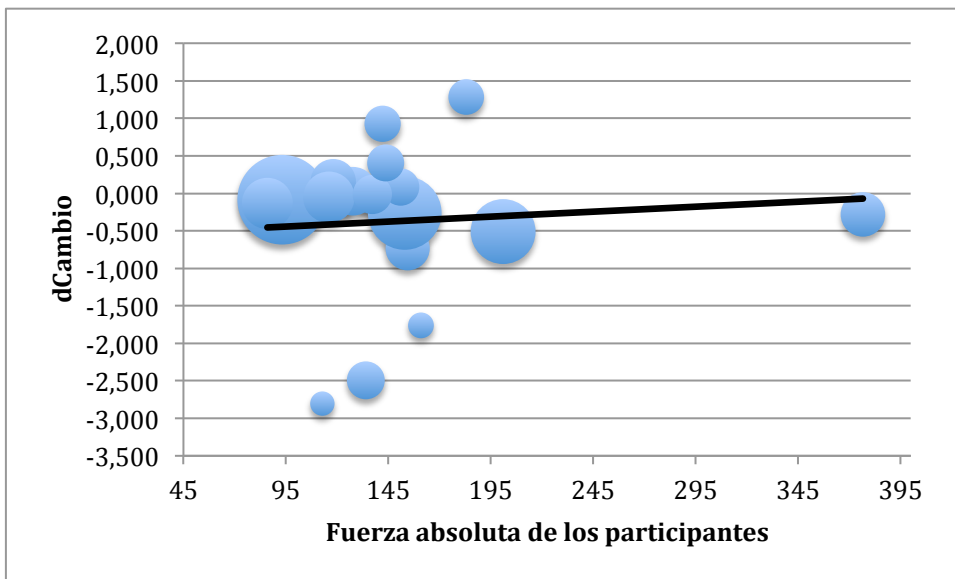


Figura 24. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la fuerza absoluta de los participantes

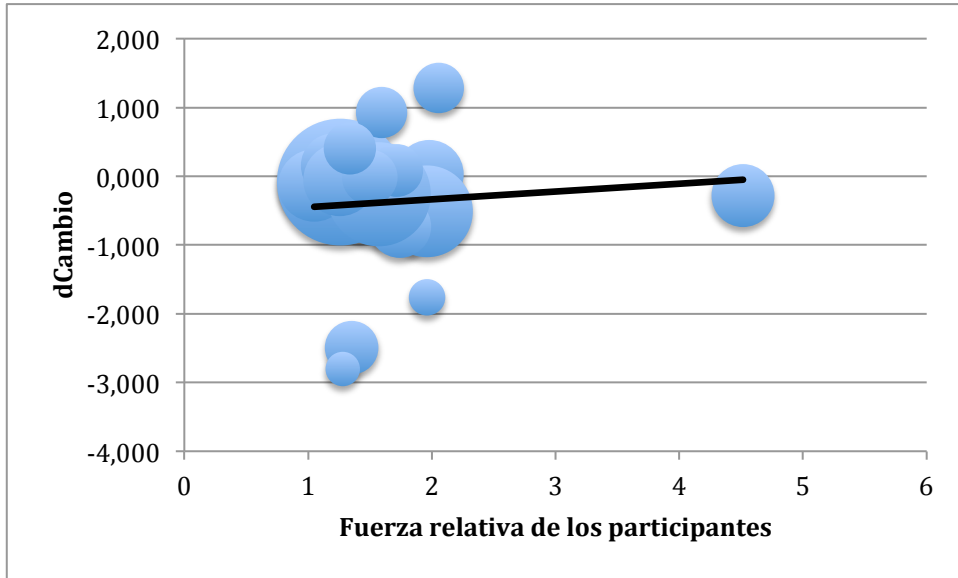


Figura 25. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la fuerza relativa de los participantes

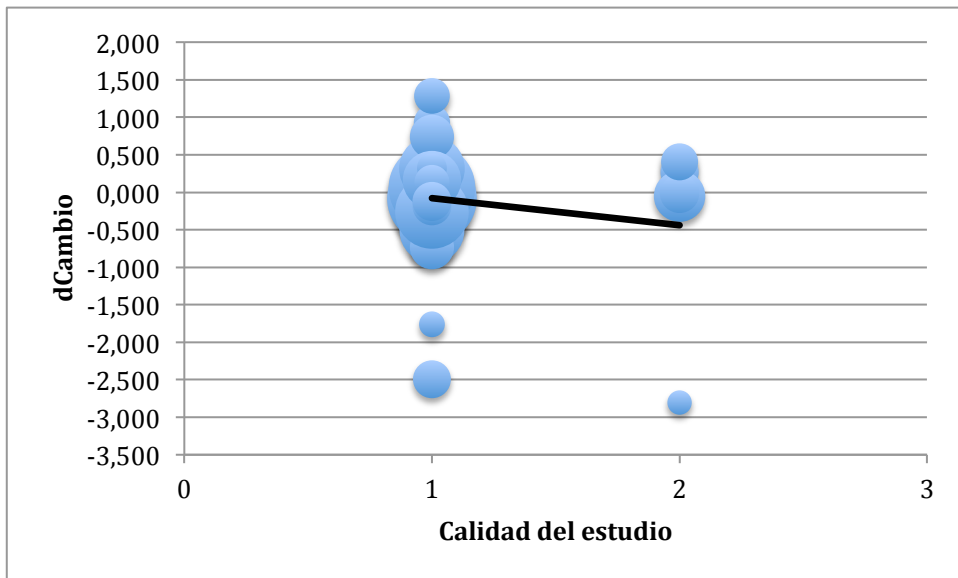


Figura 26. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la calidad del estudio

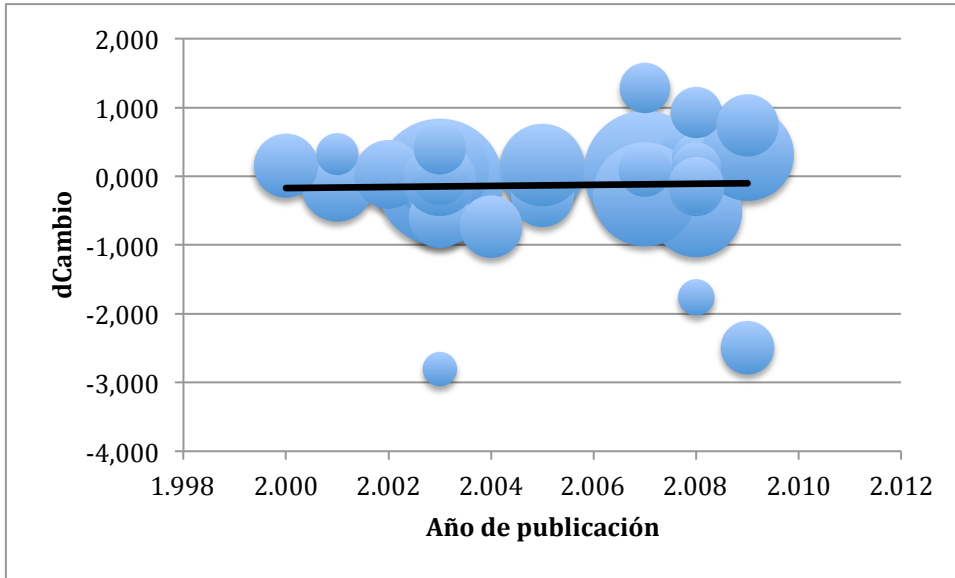


Figura 27. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el año de publicación del estudio

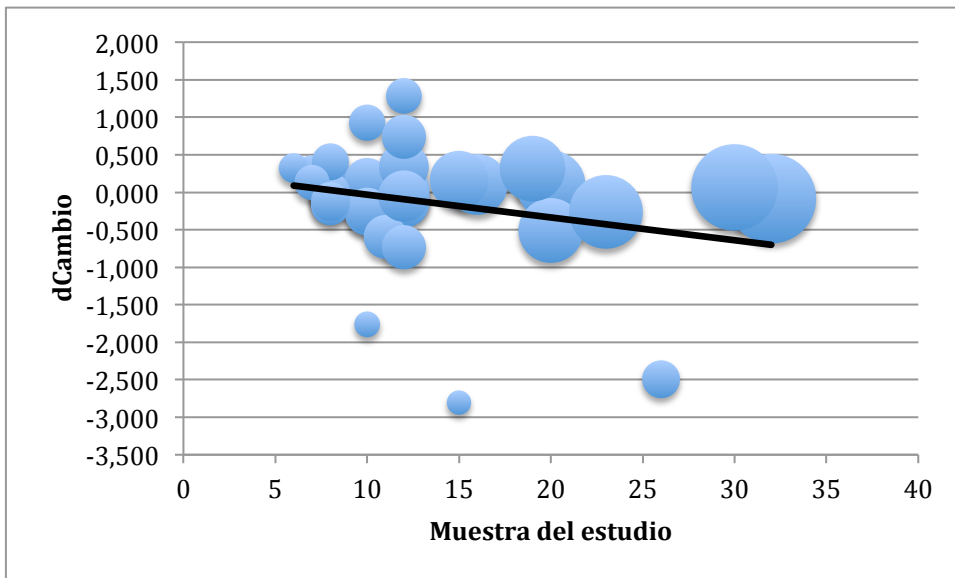


Figura 28. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la muestra del estudio

Apéndice XII. Información complementaria de los resultados del meta-análisis a largo plazo.

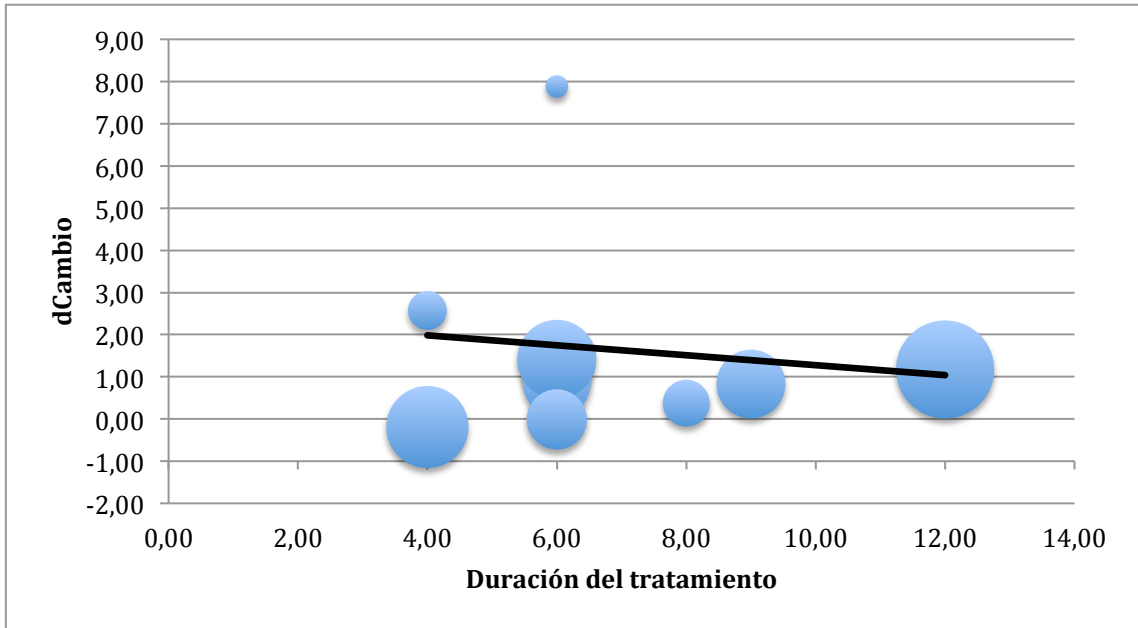


Figura 29. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la duración del tratamiento

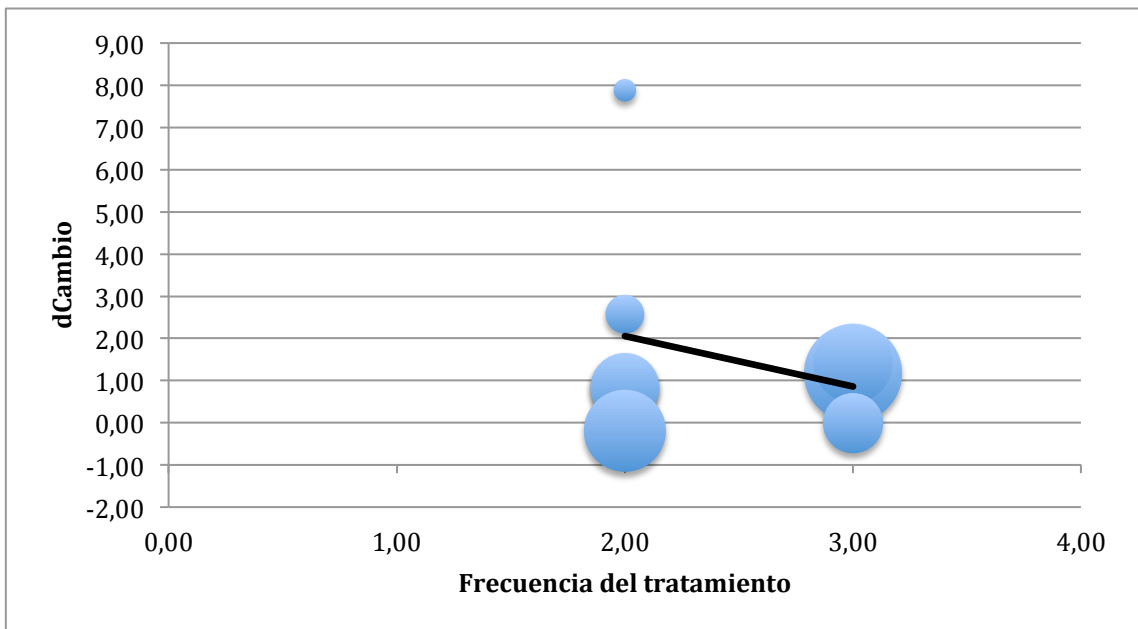


Figura 30. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la frecuencia del tratamiento

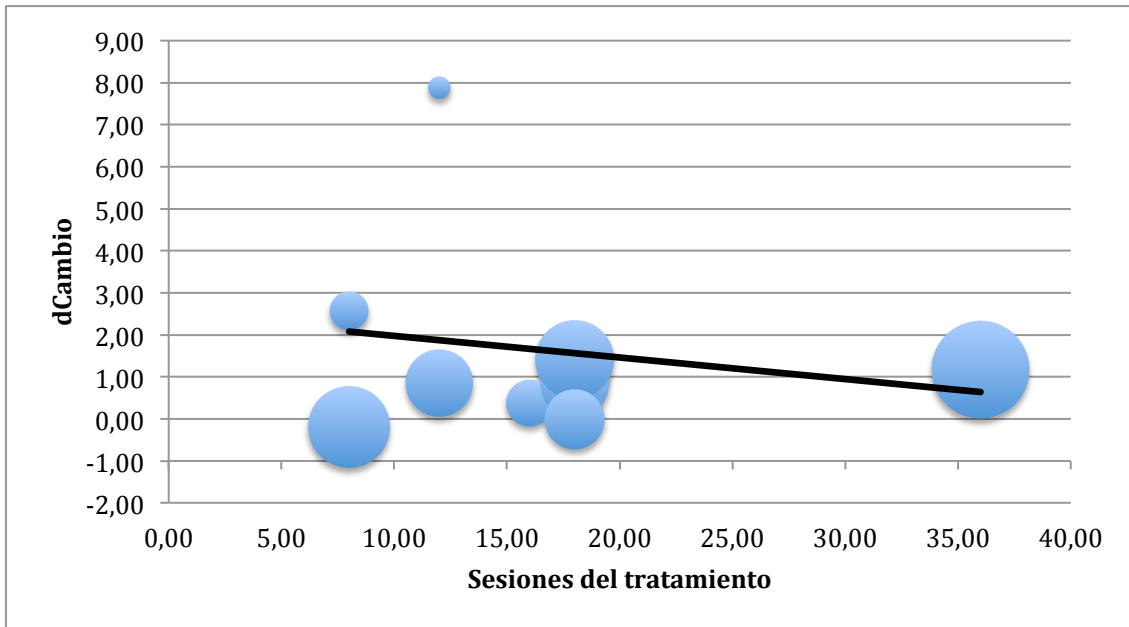


Figura 31. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las sesiones de tratamiento

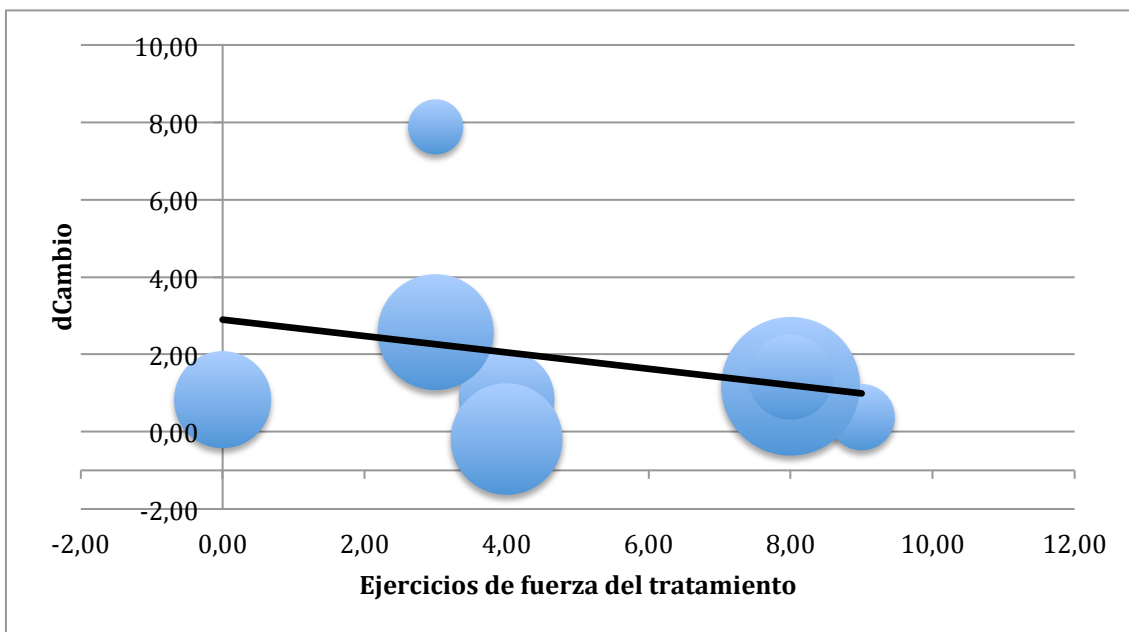


Figura 32. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la ejercicios de fuerza del tratamiento

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

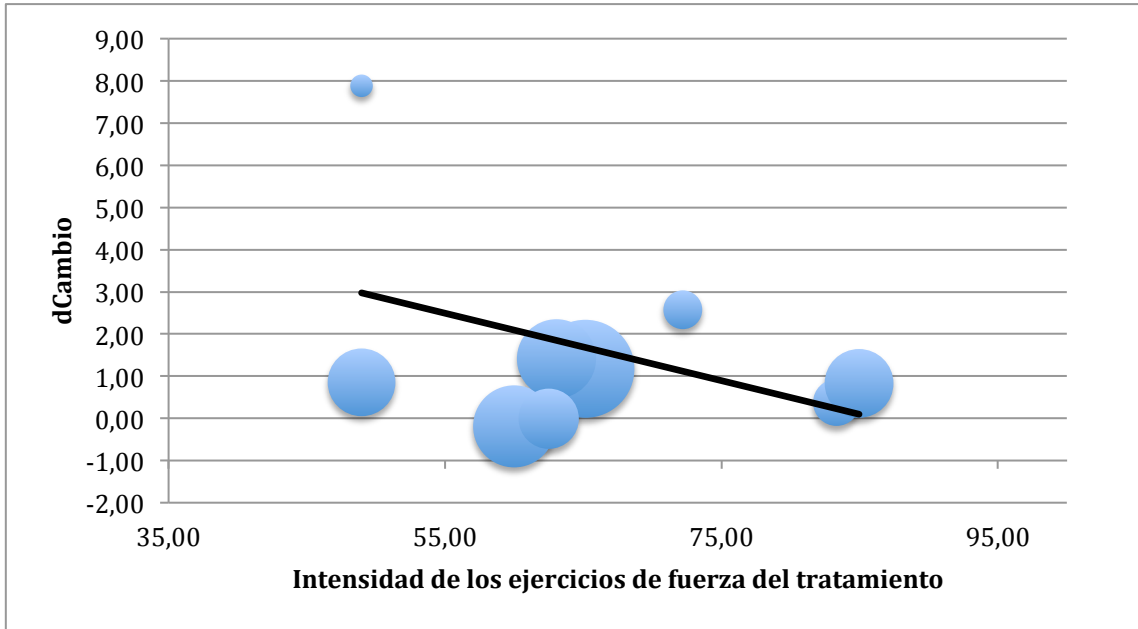


Figura 33. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la intensidad de los ejercicios de fuerza del tratamiento

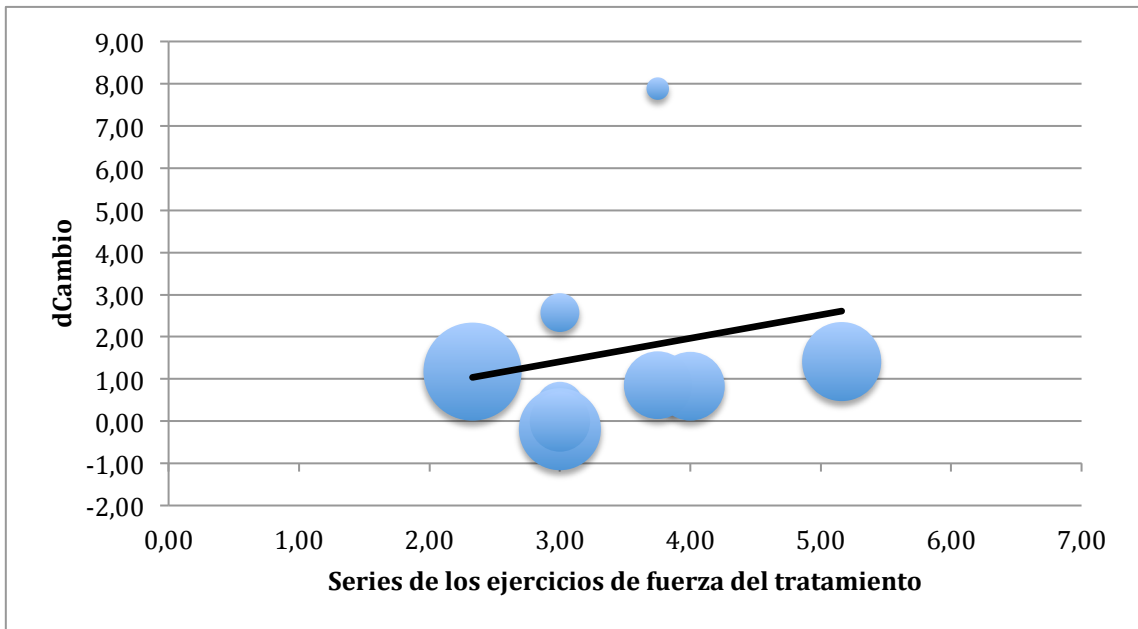


Figura 34. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la series de fuerza del tratamiento

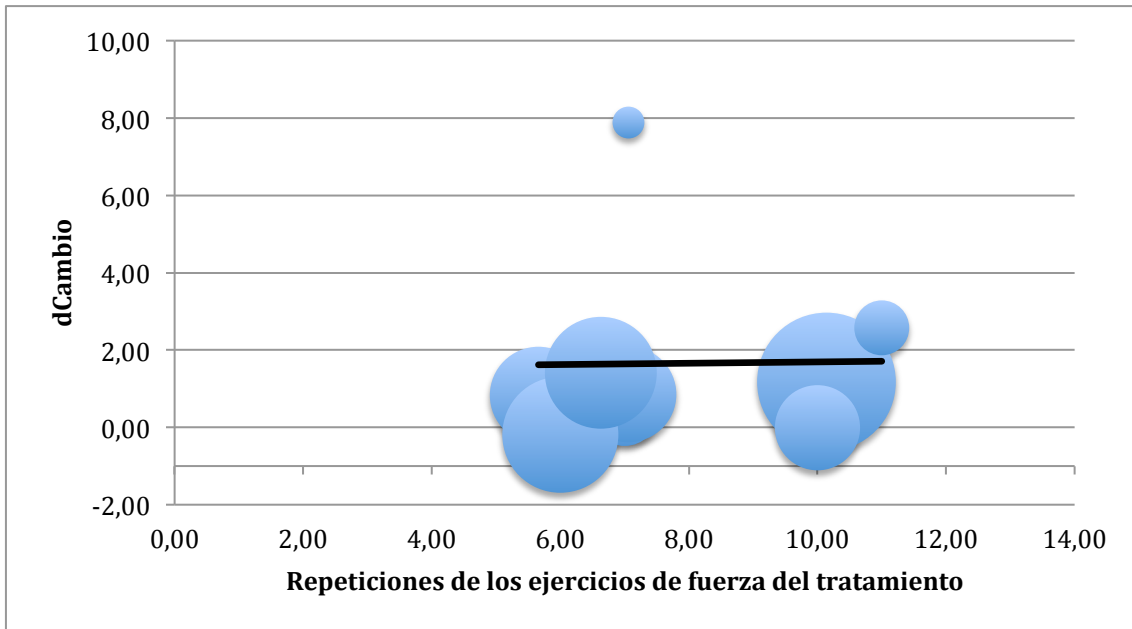


Figura 35. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las repeticiones de los ejercicios de fuerza

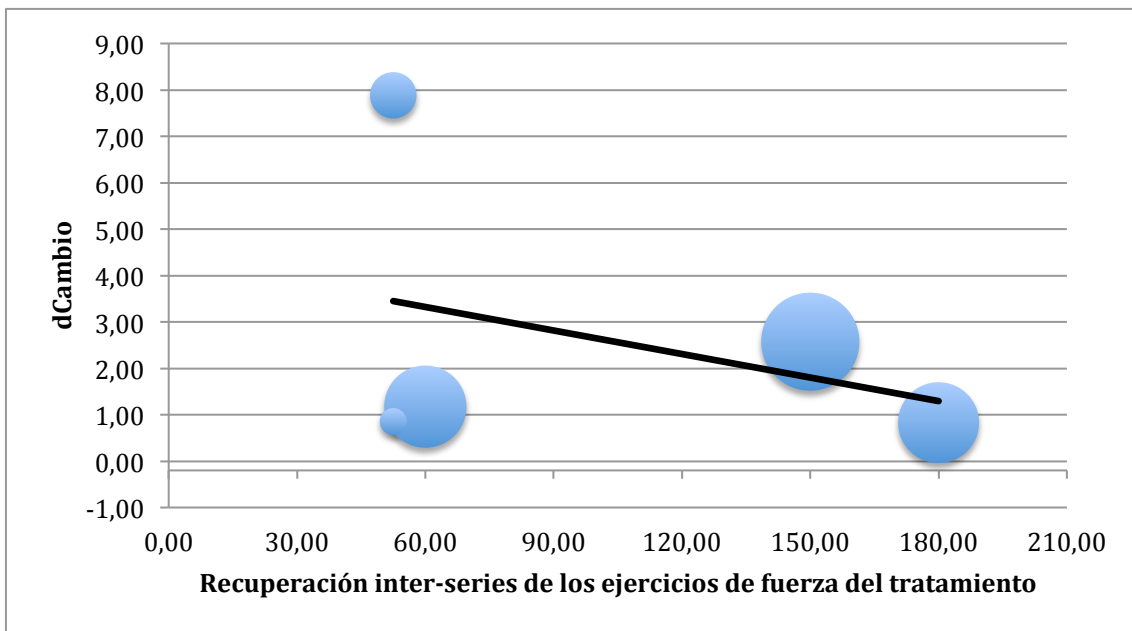


Figura 36. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las recuperación inter-series de los ejercicios de fuerza

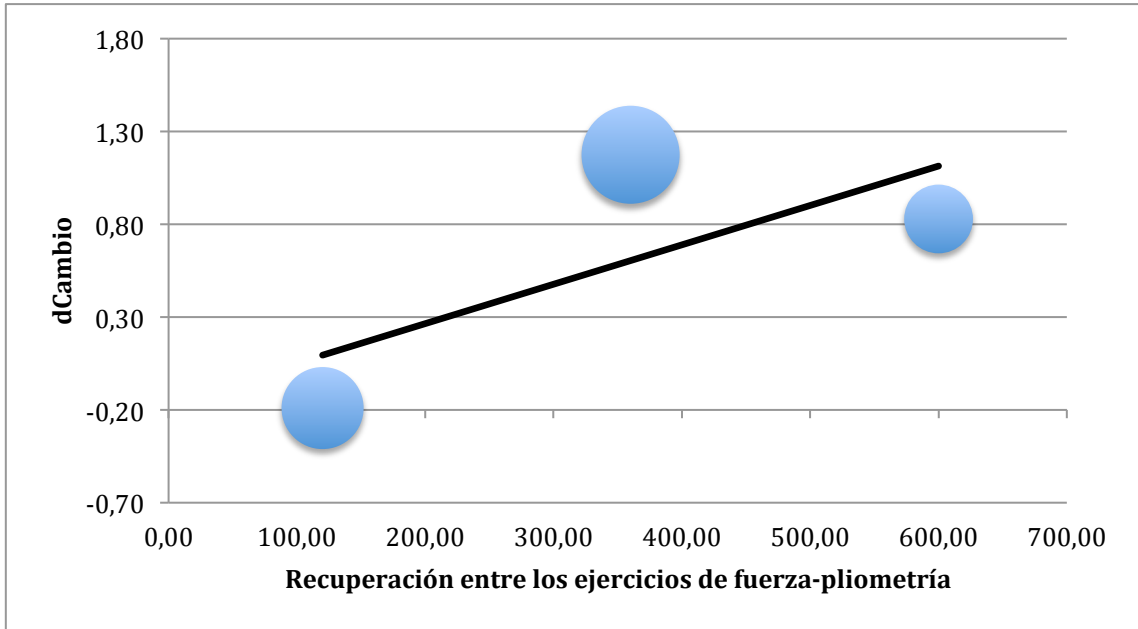


Figura 37. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las recuperación fuerza- pliometría

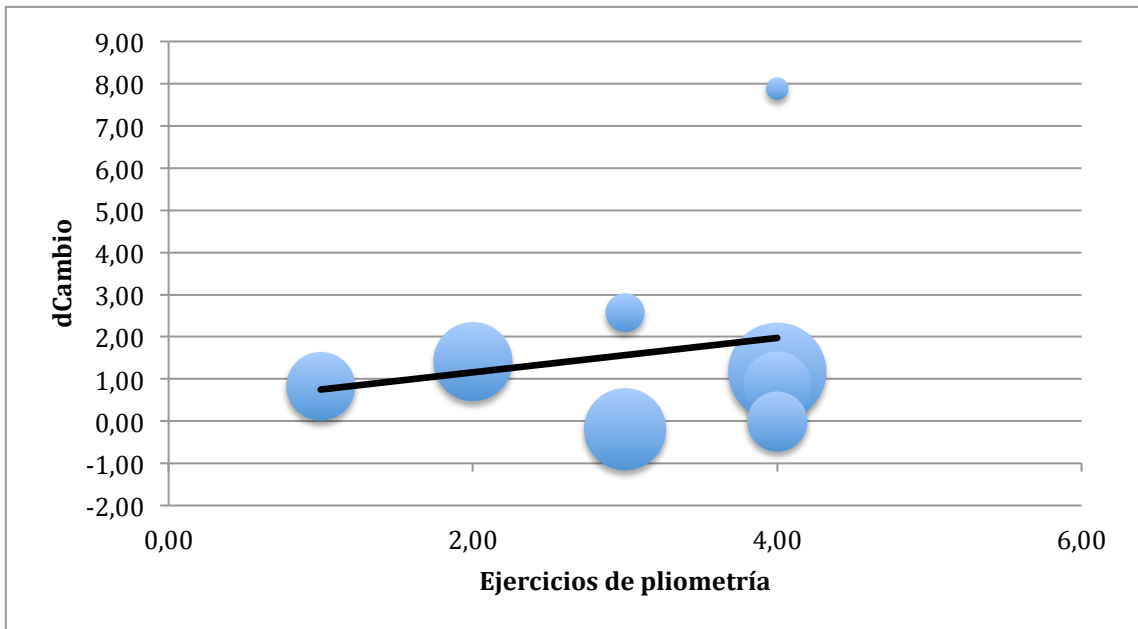


Figura 38. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre los ejercicios de pliometría

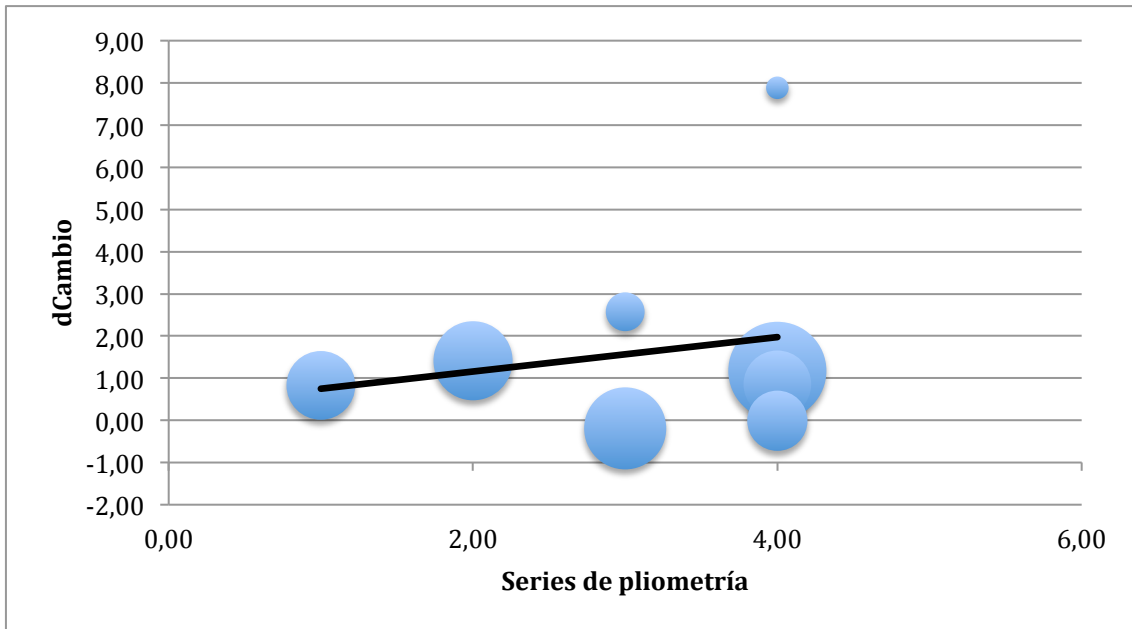


Figura 39. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las series de pliometría

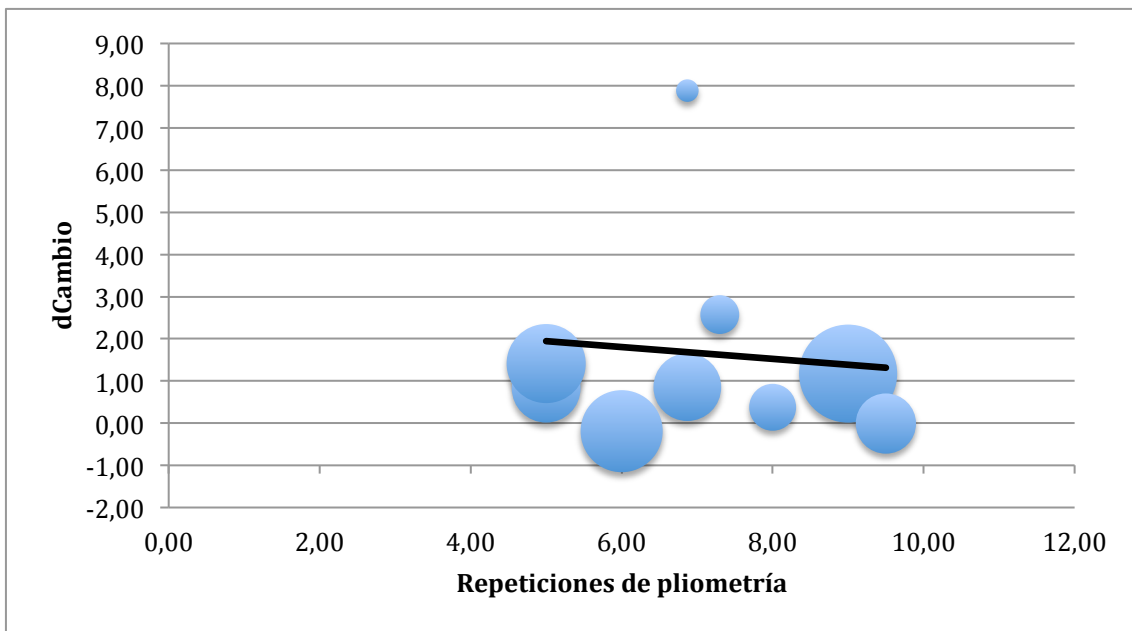


Figura 40. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre las repeticiones de los ejercicios de pliometría

Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular

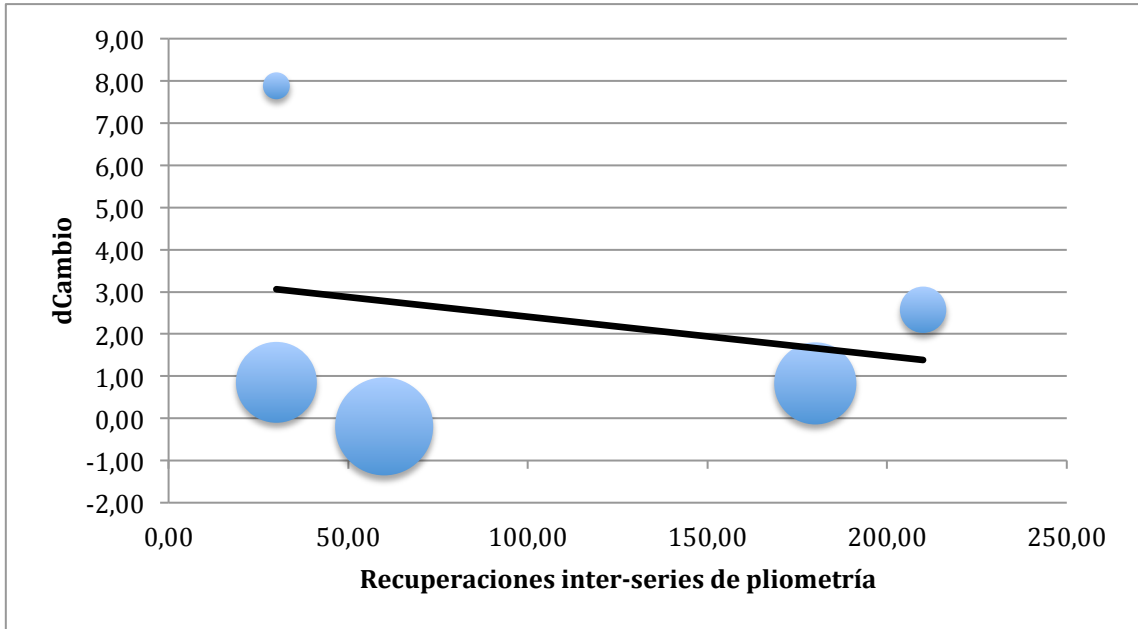


Figura 41. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la recuperación inter-series de los ejercicios de pliometría

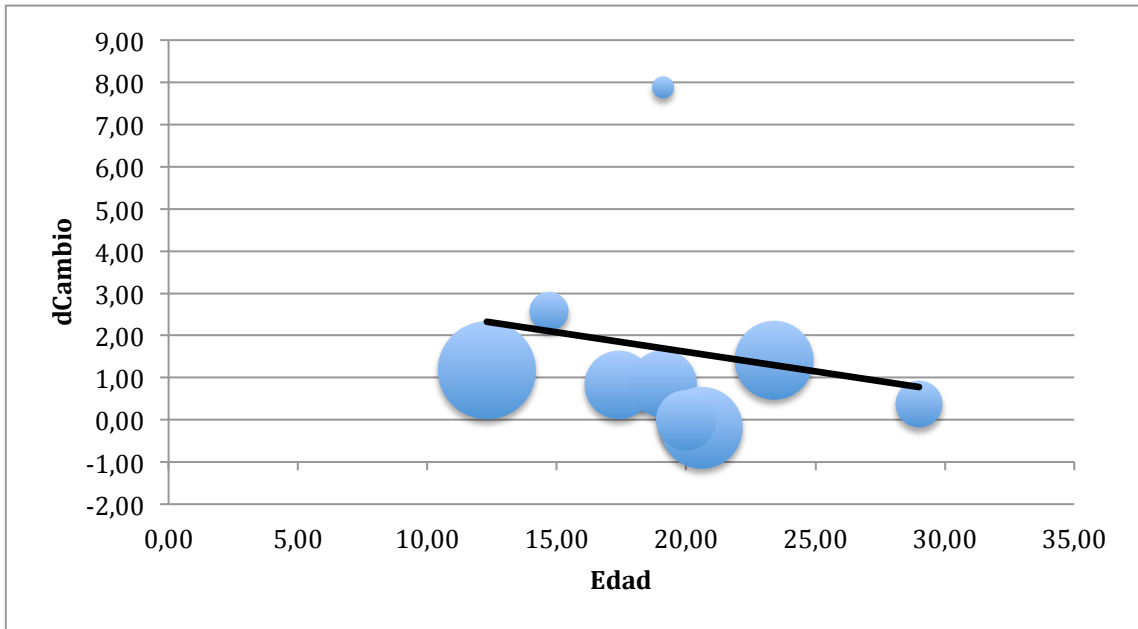


Figura 42. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la edad de los participantes

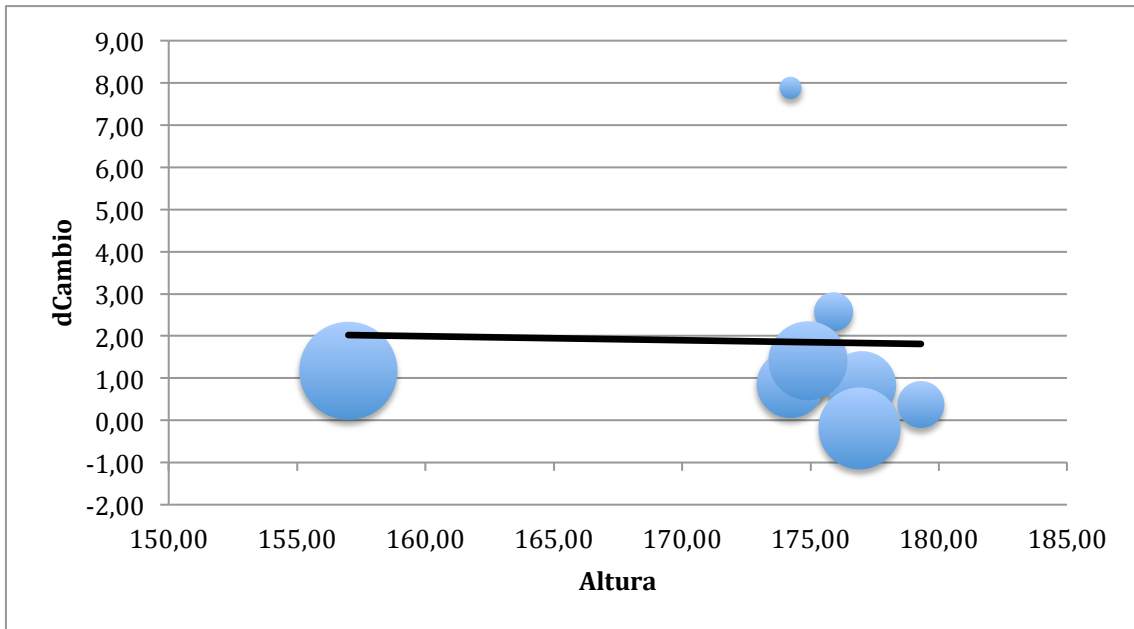


Figura 43. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la altura de los participantes

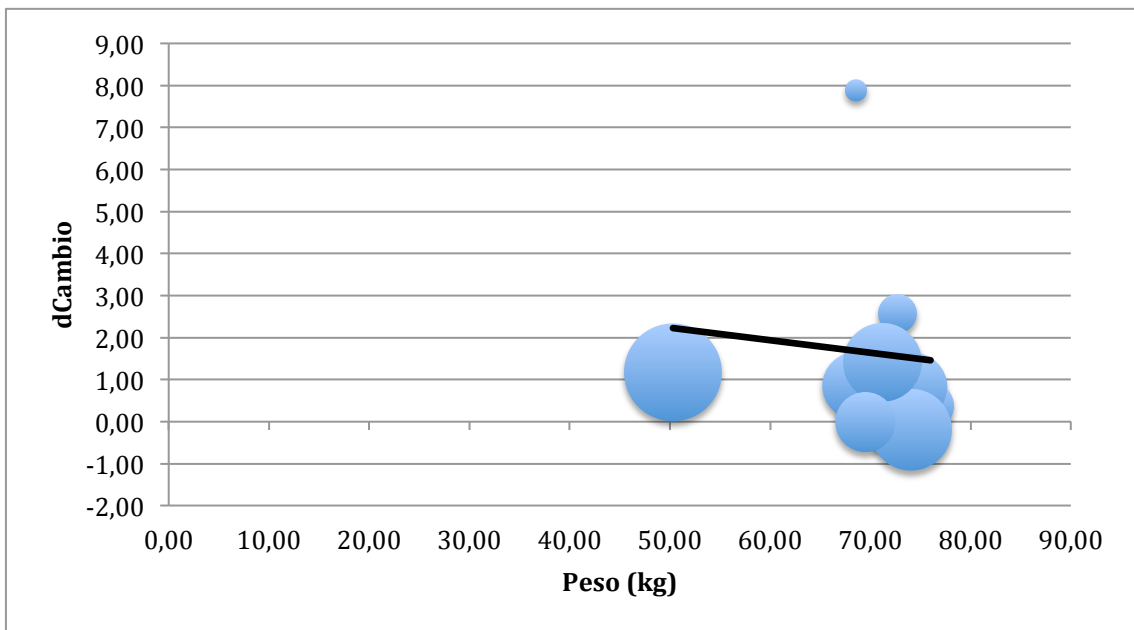


Figura 44. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el peso de los participantes

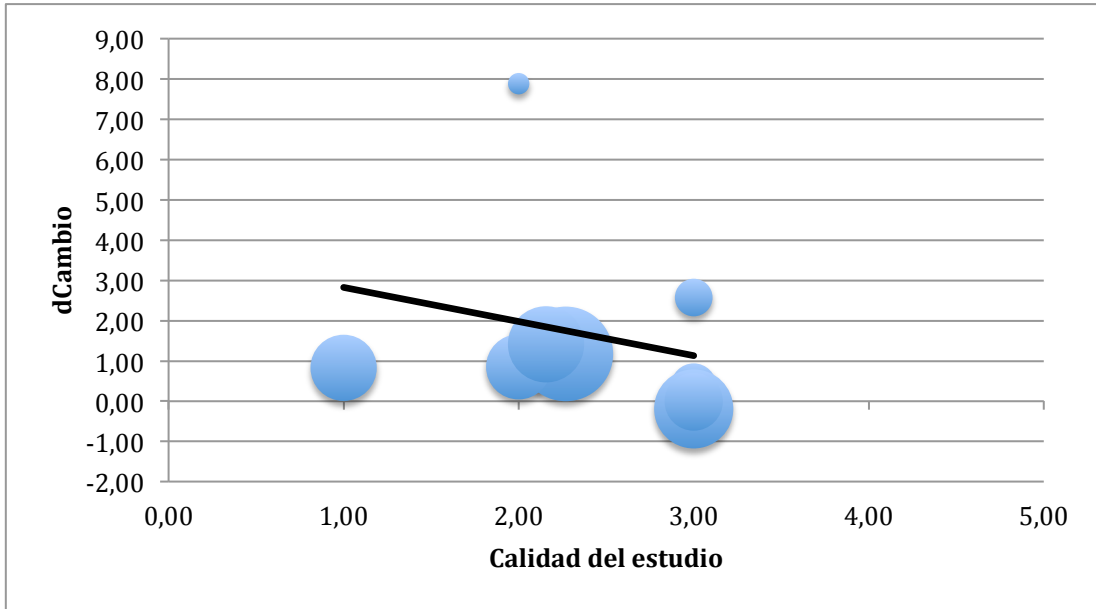


Figura 45. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la calidad del estudio

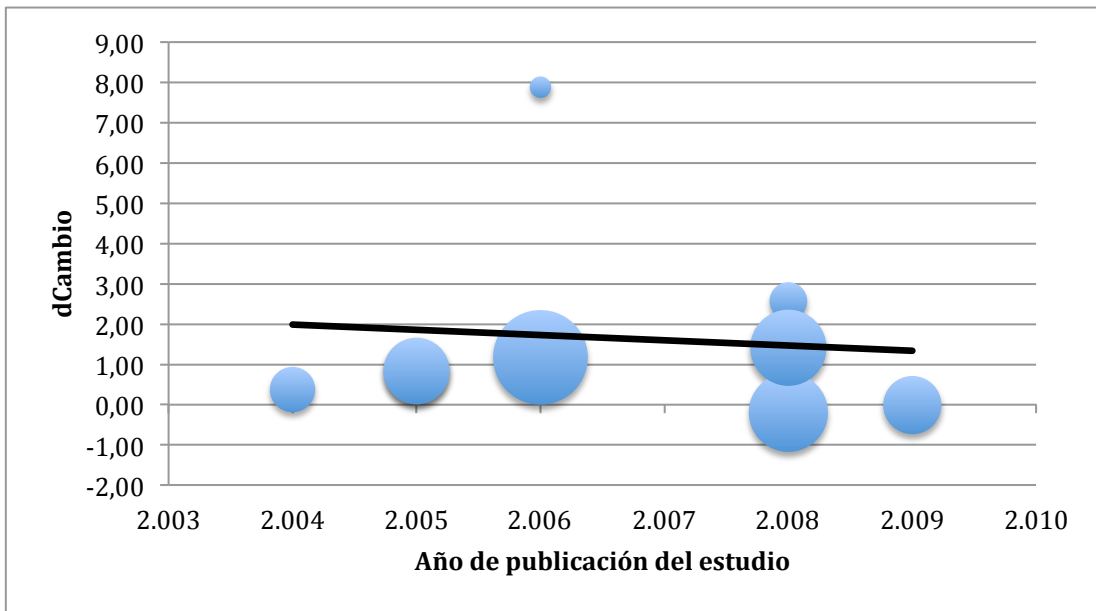


Figura 46. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre el año de publicación del estudio

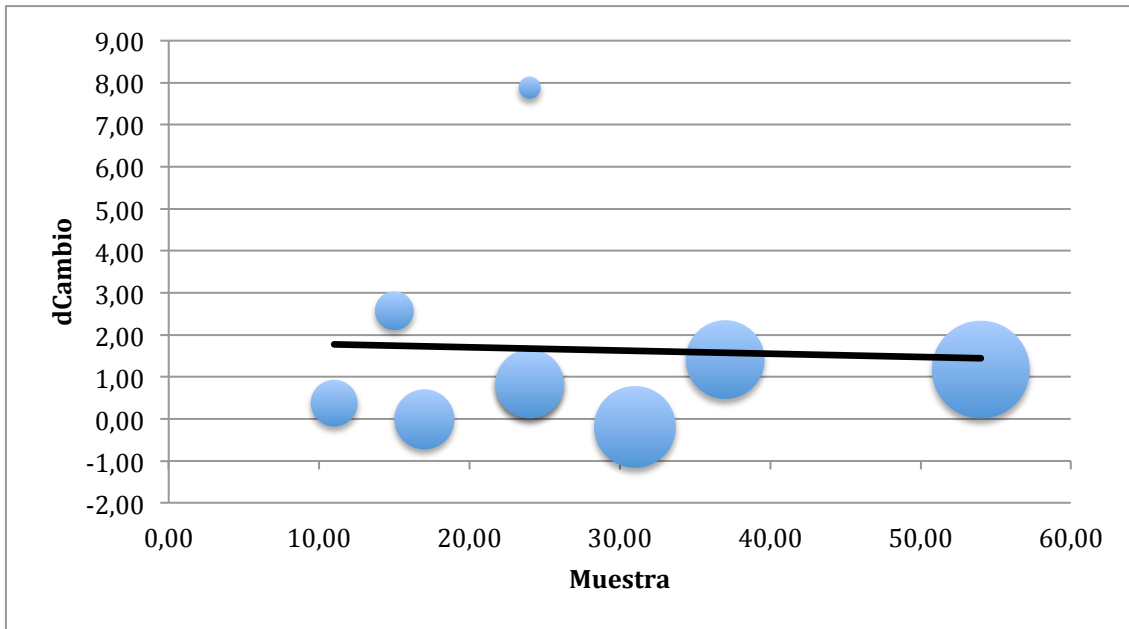


Figura 47. Gráfico de burbujas del TE dCambio sobre la muestra del estudio