



**Universitat de les  
Illes Balears**

Facultat de ciències

**Memòria del Treball de Fi de Grau**

# Efecto de la ingesta de oligoelementos sobre la actividad física: Una revisión sistemática. Grau en Biologia.

Cristina Terrasa Oliva

**Grau en biologia**

Any acadèmic 2014-15

DNI de l'alumne: 43174524M

Treball tutelat per Maria del Mar Bibiloni Esteva.  
Departament de Biologia Fonamental i Ciències de la Salut.

S'autoritza la Universitat a incloure el meu treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Paraules clau del treball: ejercicio físico, oligoelementos, zinc, cromo, selenio, cobre, dieta.



# Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	4
Introducción.....	4
Métodos.....	5
Resultados.....	6
Discusión.....	26
Conclusión.....	28
Bibliografía.....	29

## Resumen

Los oligoelementos se pueden obtener de varias fuentes y se deben agregar a la dieta diaria para gozar de una buena salud y poder prevenir muchas enfermedades. El objetivo de este trabajo fue revisar diferentes artículos sobre el efecto de la ingesta de los oligoelementos en la actividad física. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura, y veintinueve artículos fueron incluidos en los resultados. La literatura describe los aumentos o disminuciones de los diferentes oligoelementos según la actividad física que se lleve a cabo comparando con sujetos sedentarios o placebos.

## Abstract

Trace elements can be obtained from several sources, and should be added to the daily diet to enjoy a good health and to prevent many diseases. The aim of this paper was to review main scientific evidence regarding the effect of the intake of trace elements in physical activity. A systematic literature search was performed, and twenty nine articles were included in the results. The literature described the increases or decreases of various trace elements according to physical activity that takes place compared to sedentary subjects or placebos.

## Introducción

La actividad física hoy en día es un tema muy importante en nuestra sociedad. Esta actividad debe estar suplementada con una alimentación equilibrada para así gozar de una vida saludable. En esta alimentación equilibrada, a parte de los alimentos esenciales como son lo que conocemos como macromoléculas (lípidos, hidratos de carbono y proteínas), también debe estar integrada por los micronutrientes, los minerales y las vitaminas. Dentro de estos micronutrientes se encuentra lo que llamamos oligoelementos.

Los oligoelementos se definen como sustancias químicas que contenemos en nuestro organismo en pequeñas cantidades y que intervienen de diferentes maneras en el metabolismo. La cantidad que requerimos de cada oligoelemento, por tanto, debe ser muy baja rondando una cantidad menor a 100 mg. Es muy importante su aportación porque desencadenan diferentes respuestas a actividades que llevamos en nuestro día a día además de ser beneficioso contra diversas enfermedades muy importantes en nuestro país (Underwood, E., 2012). Por consecuencia, una suplementación mineral puede ser importante para asegurar una buena salud (Maughan. 1999). Sin embargo, aún no se han realizado muchos estudios que analicen tanto el efecto de la suplementación como el efecto beneficioso sobre el rendimiento de una persona.

Los oligoelementos se pueden clasificar según su importancia. Los oligoelementos que trataremos en esta revisión entran en oligoelementos esenciales como es el zinc u oligoelementos importantes como son el cromo, el cobre y el selenio. Todos estos nutrientes tienen diferentes funciones en nuestro cuerpo, yendo desde actuar como componente esencial de muchas reacciones como son las funciones del metabolismo energético o de proteínas o incluso siendo un cofactor de la insulina que actuará en la regulación de la glucosa, además de poder actuar como antioxidante de moléculas importantes en el metabolismo. Estos oligoelementos los podemos encontrar en alimentos muy habituales en nuestra dieta: el zinc lo podemos encontrar en diferentes alimentos de origen animal como la carne de cerdo, pollo y pavo; el cobre lo encontramos en legumbres como las lentejas o garbanzos o alimentos integrales; el selenio se encuentra sobretodo en alimentos vegetales como las verduras y, finalmente, el cromo se encuentra en marisco como el mejillón, frutos secos como la nuez de Brasil o avellana.

## Métodos

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura en marzo del 2015. La búsqueda bibliográfica se realizó en “Medlars Online International Literature (MEDLINE)”, a través de PubMed utilizando los siguientes términos: “selenium”[MeSH Terms] OR “selenium”[MeSH Terms] AND “diet”[MeSH Terms] OR “selenium”[MeSH Terms] AND “serum”[MeSH Terms] OR “selenium”[MeSH Terms] AND “dietary supplements”[MeSH Terms] AND “physical fitness”[MeSH Terms]; “Zinc”[MeSH Terms] OR “Zinc”[MeSH Terms] AND “diet”[MeSH Terms] OR “Zinc”[MeSH Terms] AND “serum”[MeSH Terms] OR “Zinc”[MeSH Terms] AND “dietary supplements”[MeSH Terms] AND “physical fitness”[MeSH Terms]; “copper”[MeSH Terms] OR “copper”[MeSH Terms] AND “diet”[MeSH Terms] OR “copper”[MeSH Terms] AND “serum”[MeSH Terms] OR “copper”[MeSH Terms] AND “dietary supplements”[MeSH Terms] AND “physical fitness”[MeSH Terms]; “chromium”[MeSH Terms] OR “chromium”[MeSH Terms] AND “diet”[MeSH Terms] OR “chromium”[MeSH Terms] AND “serum”[MeSH Terms] OR “chromium”[MeSH Terms] AND “dietary supplements”[MeSH Terms] AND “physical fitness”[MeSH Terms];

En el uso de las bases de datos antes mencionado, se seleccionaron 61 artículos. Se excluyeron los duplicados (n = 19) y artículos no relevantes porque no proporcionan información de los diferentes oligoelementos que tratamos en este artículo y su efecto en el ejercicio físico (n = 12). Nueve de los 30 artículos restantes fueron rechazados por las razones que se muestran en la Fig. 1. Finalmente, 21 artículos fueron incluidos en los resultados.

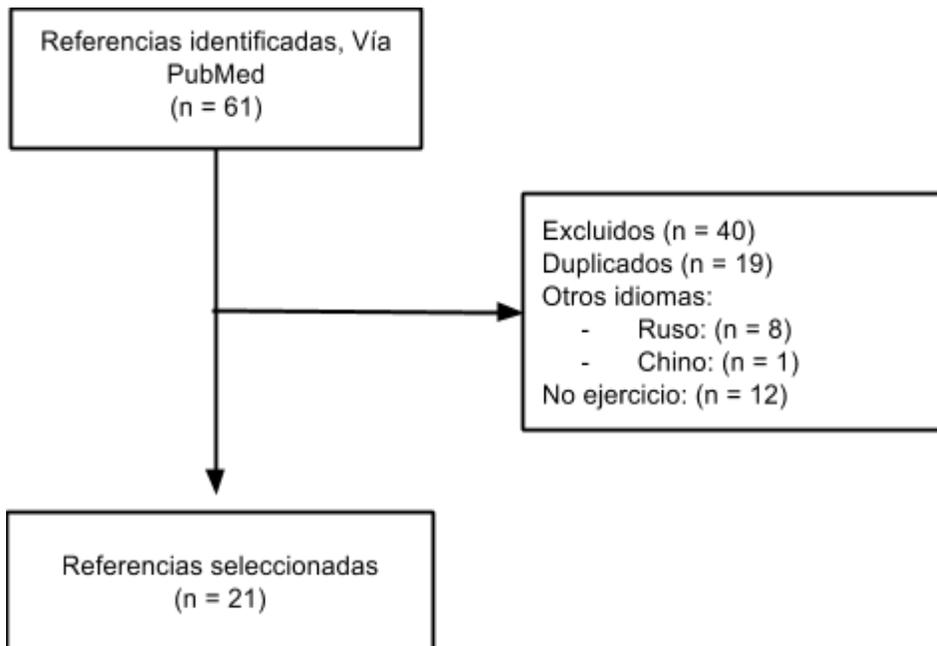


Fig. 1: Literatura de la búsqueda sistemática.

## Resultados

### Cobre

Se encontraron 11 artículos relacionados con el suplemento de cobre, en los cuales utilizaron diferentes técnicas para hallar la concentración en sangre y también algunos evalúan la ingesta (*Tabla 1*).

De estos 11 artículos, 6 utilizaron el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama para hallar la concentración en el plasma. Algunos estudios afirman que el cobre aumenta su concentración en el plasma en los sujetos entrenados en comparación con los controles, y también describen diferencias significativas en las post-sesiones (Lukaski *et al.* 1983; Dressendorfer *et al.* 2002; Nuviala *et al.* 1999). Por el contrario, otros estudios afirman que la concentración de cobre disminuye tanto antes de ejecutar el entrenamiento, como al acabar la sesión y a las dos horas posteriores de la ejecución (Anderson *et al.* 1984, Wochynski *et al.* 2014). También se ha descrito que la concentración de cobre en plasma aumentaba en mujeres que consumían contraceptivos orales en comparación con las que no los tomaban (Newhouse *et al.* 1992).

Lukaski *et al.* (1990) [15] utilizando el método de estándares de ácido clorhídrico 2% observaron que la concentración de cobre incrementaba ligeramente en los deportistas nadadores que en controles, siendo incluso mayor en varones. Rodríguez Tuya *et al.* (1996) [14] determinaron la concentración de cobre en sangre mediante el método de extracción potenciometría y afirmaron también un incremento de la concentración de cobre en deportistas frente a controles. Además hallaron una mayor concentración de cobre en los sujetos que realizaban ejercicios anaeróbicos en comparación con los que realizaban ejercicios aeróbicos. Sin embargo, los 3 artículos restantes, en los que también se analizó la concentración de cobre en sangre en 2 de ellos (Buchman *et al.* 1998; Resina *et al.* 1991) y otro se basó en la evaluación de la ingesta de cobre (Clark *et al.* 2003), señalaron que el cobre disminuía o bien no difería entre los sujetos.

### Cromo

Por parte del cromo, se encontraron 6 artículos relacionados con el suplemento, los cuales utilizaron diferentes técnicas para hallar su concentración en sangre y/u orina (*Tabla 2*).

Dos de tres de estos estudios utilizan la misma técnica para poder encontrar la concentración en orina: el método de adiciones en las muestras. En 2 artículos se afirma que la concentración de cromo urinaria después del ejercicio es mayor comparado con la excreción en un sujeto control. No obstante, día a día se observa que la excreción de cromo en la orina en hombres deportistas disminuye y también la excreción urinaria de cromo basal de los sujetos entrenados es significativamente menor que la de los sujetos no entrenados (Anderson *et al.* 1981; Anderson *et al.* 1987). Sin embargo, en el tercero se afirma que hay un aumento constante de la concentración de cromo en la orina (Anderson *et al.* 1984). Además, Campbell *et al.* (1999) [20] también indicó que la suplementación con picolinato de cromo aumenta su excreción urinaria comparado con la línea base.

En cuanto a la sangre, Anderson *et al.* (1984) [5] utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama observaron que la concentración de cromo aumentaba durante el tiempo de la ejecución y era significativamente mayor en sujetos deportistas que en controles. Finalmente, los 2 artículos restantes basándose en la evaluación de la ingesta de cromo (Clark *et al.* 2003; Frentsos *et al.* 1997) apoyan que hay diferencias significativas después del ejercicio físico.

Tabla 1: Descripción de los estudios sobre el cobre incluidos en esta revisión.

Suplemento dietético	Participantes	Edad	Ejercicio	Diseño	Resultados	Estadística	Conclusiones/ Resultados	Referencia
1	44 hombres atletas.	20.3 ± 1.5	Fútbol, baloncesto, lucha, hockey...	Espectrofotometría de absorción atómica de llama con estándares de calibración acuosos.	Plasma (µg/dl): 90.0 ± 14.3 / Eritrocito (µg/dl): 85.0 ± 22.9	No se encuentran diferencias significativas.	Diferencia significativa entre los grupos fue mayor la concentración de cobre en plasma (p <0,01) en el atleta.	Lukaski <i>et al</i> , 1983 (16)
	20 hombres no entrenados.	23.1 ± 2.8	-		Plasma (µg/dl): 81.0 ± 8.0* / Eritrocito (µg/dl): -	Diferencia significativa (p < 0.01).		
2	13 mujeres deportistas.	18.5 ± 2.3	Fútbol	Analiza las ingestas con Nutricionist V.	Pre-sesión (mg): 0.66 ± 0.15; Post-sesión (mg): 0.48 ± 0.26*	Diferencia significativa con la pre-sesión: (p < 0.05).	Las ingestas de cobre fueron significativamente menores durante la post-temporada en comparación con la pretemporada y las ingestas medias de cobre fueron marginales (<75% DRI) durante la pretemporada.	Clark <i>et al</i> , 2003 (10)
3	9 hombres.	23 - 46	Corredores	Espectrofotometría de absorción atómica.	(µg/dl) Antes 93 ± 5, Inmediatamente después 95 ± 4, 2 horas después 94 ± 4	Todos significativamente diferentes (p < 0.05).	La concentración de Cu en suero disminuye antes de ejecutar. Al igual que después de ejecutar, así como 2 h después de correr.	Anderson <i>et al</i> , 1984 (5)
4	107 mujeres.	18 - 40	Atletas	Espectrofotometría de absorción atómica de llama.	Todas (µmol/L) 23.3 ± 6.6; Oral contraceptivo (n=48) 30.1 ± 4.4; No OC (n=63) 18.8 ± 2.8	Diferencia significativa (p < 0.0005).	Al comparar los niveles de cobre de los dos grupos, la diferencia fue altamente significativa.	Newhouse <i>et al</i> , 1992 (6)
5	40 sujetos, solo acaban 26.	18 - 55	Corredores maratón	Control Sangre con el método de Clegg.	Suero (ppm): Pre-carrera: 1.10 ± 0.32; Post-carrera: 0.94 ± 0.21	No se encuentran diferencias significativas.	No hubo ningún cambio significativo en suero.	Buchman <i>et al</i> , 1998 (11)
	24 hombres y 2 mujeres.							

Tabla 1: Continuación.

6	13 hombres deportistas.	-	Nadadores	Estándares de ácido clorhídrico 2%.	Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $13.2 \pm 0.4$ ; Post-sesión $13.8 \pm 0.4$	No se encuentran diferencias significativas.	Con el tiempo se observó una tendencia hacia una disminución en las concentraciones de cobre en plasma en ambos grupos de sujetos control. Por el contrario, los nadadores masculinos y femeninos mostraron ligeros aumentos en la concentración de elementos traza en plasma durante el entrenamiento.	Lukaski <i>et al</i> , 1990 (15)
	15 hombres control.	-	-		Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $14.3 \pm 0.5$ ; Post-sesión $14.1 \pm 0.5$			
	16 mujeres deportistas.	-	Nadadores		Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $15.7 \pm 1.4$ ; Post-sesión $15.9 \pm 1.3$			
	13 mujeres control.	-	-		Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $14.8 \pm 0.9$ ; Post-sesión $13.8 \pm 0.8$			
7	19 hombres deportistas.	19 - 33	Futbolistas que realizan ejercicio aeróbico y anaeróbico	Prueba colorimétrica, Mannheim Boehringer.	Suero: $21.05 \pm 2.43$ ( $\mu\text{mol/L}$ )	No se encuentran diferencias significativas.	No hubo diferencia estadística entre las medias de los niveles de cobre en suero de ambos grupos.	Resina <i>et al</i> , 1991 (3)
	24 hombres control.	18 - 38	Ejercicio rutinario		Suero: $20.77 \pm 4.95$ ( $\mu\text{mol/L}$ )			

Tabla 1: Continuación.

8	41 hombres deportistas.	20.54 ± 1.02	Ejercicio sobre Aviación Especial	Espectrofotometría de absorción atómica de llama.	Suero: Serie I (µmol/L) : Antes: 14.3 ± 1.89; Después 14.07 ± 1.75	Después del entreno encontramos diferencias en relación con antes del entreno: (p < 0.05).	La concentración en suero de Cu disminuyó significativamente en el grupo A en las tres series de ensayos.	Wochynski et al, 2014 (19)
					Suero: Serie I (µmol/L) : Antes 15.53 ± 2.27; Después 14.18 ± 2.27	Después del entreno encontramos diferencias en relación con antes del entreno: (p < 0.001).		
					Suero: Serie III (µmol/L) : Antes 13.68 ± 2.54; Después 13.09 ± 1.99	Después del entreno encontramos diferencias en relación con antes del entreno: (p < 0.05).		
	14 hombres control.	20.21 ± 0.42	-	Espectrofotometría de absorción atómica de llama.	Suero: Serie I (µmol/L) : Antes: 14.89 ± 1.86; Después 15.10 ± 1,70	No se encuentran diferencias significativas.		
					Suero: Serie I (µmol/L) : Antes 13.86 ± 2.45; Después 14.26 ± 2.46	Diferencias comparado con el grupo de deportistas: (p < 0.05).		
					Suero: Serie III (µmol/L): Antes 14.38 ± 2.13; Después 14.73 ± 1.97	Diferencias comparado con el grupo de deportistas: (p < 0.01).		

Tabla 1: Continuación.

9	20 hombres profesionales.	27 ± 4	Aeróbicos: ciclismo	Extracción potenciometría sobre un electrodo de película de mercurio en el medio etilendiamina.	Plasma: (ng·g <sup>-1</sup> ) 846 ± 319	No se encuentran diferencias significativas.	Las concentraciones plasmáticas de cobre son más altas en los deportistas que en los controles. Cuando los datos de los deportistas fueron separados diferenciando el ejercicio aeróbico y anaeróbico, la diferencia entre los grupos de control y anaeróbicos fue más significativo.	Rodríguez Tuya <i>et al</i> , 1996 (14)
	14 hombres profesionales.	23 ± 4	Anaeróbicos: judo y esgrima		Plasma: (ng·g <sup>-1</sup> ) 1106 ± 443	Diferencias significativas: (p < 0.05).		
	16 hombres controles.	22 ± 2	-		Plasma: (ng·g <sup>-1</sup> ) 636 ± 246	Diferencias significativas: (p < 0.05).		
10	9 hombres.	24.7 ± 2.1	Ciclistas	Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.	Plasma: Normal (µmol/L) : 12 a 23	No se encuentran diferencias significativas.	La concentración de cobre en plasma aumentó ligeramente durante el ejercicio.	Dressendorfer <i>et al</i> , 2002 (27)
					Al inicio (µmol/L): 18.3 ± 1.6			
					V (fase del entrenamiento/volumen) (µmol/L): 18.4 ± 1.5			
					I (Fase intervalo) (µmol/L): 18.5 ± 1.6			
					U (Cono de descarga/relajación) (µmol/L): 18.1 ± 1.5			

Tabla 1: Continuación.

11	16 mujeres.	20.1 ± 3.5	Karate	Sangre con espectrofotometría de absorción atómica de llama. La orina con horno de grafito.	Suero (µmol/L): 15.2 ± 2.9; Excreción 24h (µg/día): 6.4 ± 3.4	Diferencia significativa en excreción (p < 0.05).	No se encontraron diferencias significativas para el suero de Cu entre los grupos de atletas y los controles, aunque se ve un ligero aumento en deportistas. En el grupo control, 11 mujeres no se incluyeron porque estaban tomando anticonceptivos orales y su media en suero Cu nivel fue significativamente mayor que la de las que no tomaban anticonceptivos. La excreción urinaria de Cu, los participantes de karate tuvo una excreción significativamente menor.	Nuviala et al, 1999 (13)
	20 mujeres.	19.9 ± 3.6	Balonmano		Suero: (µmol/L): 16.3 ± 2.4; Excreción 24h (µg/día): 4.0* ± 1.5	No se encuentran diferencias significativas.		
	19 mujeres.	19.3 ± 2.4	Baloncesto		Suero (µmol/L): 15.4 ± 2.3; Excreción 24h (µg/día): 5.1 ± 3.0			
	23 mujeres.	20.2 ± 3.6	Corredora		Suero (µmol/L): 16.7 ± 1.3; Excreción 24h (µg/día): 5.0 ± 2.9			
	65 controles.	21.4 ± 2.8	-		Suero (µmol/L): 16.7 ± 2.5; Excreción 24h (µg/día): 6.2 ± 2.9			

Tabla 2: Descripción de los estudios sobre el cromo incluidos en esta revisión.

Cromo								
1	13 mujeres deportistas.	18.5 ± 2.3	Fútbol	Analiza las ingestas con Nutricionist V.	Pre-sesión (mg): 34 ± 23; Post-sesión (mg): 21 ± 17	Diferencia significativa con la pre-sesión: (p < 0.05).	Ingestas medias de cromo fueron marginales (<75% DRI) durante la postemporada.	Clark <i>et al</i> , 2003 (10)
2	9 hombres.	23 - 46	Corredores	El cromo en orina se determinó por el método de adiciones en las muestras. La sangre se midió con espectrofotometría de absorción atómica.	Orina (µg/día): Día de correr 0.37 ± 0.08	Significativamente diferente: (p < 0.05).	El cromo en suero fue elevado inmediatamente después y se mantuvo elevada después de 2 h. La concentración de Cr urinaria fue elevada y las pérdidas diarias Cr fueron mayores durante un día plazo en comparación con un día no corrido.	Anderson <i>et al</i> , 1984 (5)
					Orina (µg/día): Día de no correr 0.20 ± 0.04	Significativamente diferente: (p < 0.05).		
					Suero (ng/mL): Antes 0.12 ± 0.02, Después 0.17 ± 0.03, 2h después 0.19 ± 0.03	Significativamente diferente: (p < 0.05).		
3	8 hombres deportistas.	23 - 55	Ejercicio resistencia	El cromo se determinó por el método de adiciones en las muestras de orina. La sangre se midió con espectrofotometría de absorción atómica.	Excreción (µg/día): Basal 0.09 ± 0.01; Ejercicio 0.12 ± 0.02	Significativamente diferente: (p < 0.05).	Durante este período, la excreción urinaria de cromo basal de los sujetos entrenados fue significativamente menor que la de los sujetos no entrenados. Los valores de cromo en suero basales fueron similares para todos los sujetos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.	Anderson <i>et al</i> , 1987 (2)
					Suero (ng/mL): Antes 0.07 ± 0.01, Después 0.07 ± 0.01, 2h después 0.12 ± 0.04	No se encuentran diferencias significativas.		
	4 hombres no deportistas.	24 - 55	-		Excreción (µg/día): Basal 0.21 ± 0.03; Ejercicio 0.21 ± 0.02	Significativamente diferente: (p < 0.05).		
					Suero (ng/mL): Antes 0.08 ± 0.02, Después 0.16 ± 0.08, 2h después 0.09 ± 0.02	No se encuentran diferencias significativas.		

Tabla 2: Continuación.

4	9 hombres.	23 - 46	Corredores	El cromo se determinó por el método de adiciones en las muestras de orina.	Pre-sesión (ppb) $0.15 \pm 0.03$ ; Post-sesión 2h (ppb) $0.72 \pm 0.21$	Significativamente diferente: ( $p < 0.05$ ).	La concentración urinaria a las 2h fue mayor. El cromo excretado inmediatamente después de la carrera fue mínima.	Anderson <i>et al</i> , 1981 (12)
5	6 sujetos (4 hombres y 2 mujeres).	$31 \pm 3$	Triatletas	Analizada la ingesta con Nutricionist V.	Antes de la intervención nutricional ( $\mu\text{g}$ ) $18 \pm 4$ ; Después ( $\mu\text{g}$ ) $238 \pm 9$	Después de la intervención se encuentran diferencias significativas: ( $p < 0.05$ ).	Aumento de la ingesta después de la intervención.	Frentsos <i>et al</i> , 1997 (7)
6	18 hombres.	50 - 75	Ejercicio resistencia	Se midió con espectrofotometría de absorción atómica.	Elevado cromo placebo ( $\mu\text{g}/\text{día}$ ): Al principio $5.77 \pm 3.46$ ; 6 semanas $4.42 \pm 5.38$ ; 12 semanas $5.77 \pm 6.15$	Después de 12 semanas hay diferencias significativas: ( $p < 0.05$ ).	Para el grupo placebo, la excreción urinaria para el grupo A y el B fue similar en el estudio entre las semanas 7 y 13. En contraste la suplementación con picolinato de cromo aumenta la excreción urinaria de cromo en comparación con la línea base.	Campbell <i>et al</i> , 1999 (20)
					Elevado cromo con suplemento de picolinato ( $\mu\text{g}/\text{día}$ ): Al principio $4.62 \pm 2.50$ ; 6 semanas $196 \pm 67$ ; 12 semanas $224 \pm 100$	No se encuentran diferencias significativas.		
					Bajo cromo placebo ( $\mu\text{g}/\text{día}$ ): Al principio $3.85 \pm 2.88$ ; 6 semanas $4.62 \pm 3.27$ ; 12 semanas $6.54 \pm 7.50$	Después de 12 semanas hay diferencias significativas: ( $p < 0.05$ ).		
					Bajo cromo con suplemento de picolinato ( $\mu\text{g}/\text{día}$ ): Al principio $3.08 \pm 1.73$ ; 6 semanas $202 \pm 82$ ; 12 semanas $176 \pm 194$	No se encuentran diferencias significativas.		

Tabla 3: Descripción sobre los estudios sobre el selenio incluidos en esta revisión.

Selenio								
1	13 mujeres deportistas.	18.5 ± 2.3	Fútbol	Analizada la ingesta con Nutricionist V.	Pre-sesión (mg): 69 ± 20; Post-sesión (mg): 34 ± 16	Diferencias significativas con la pre-sesión: (p < 0.05).	Ingestas de selenio fueron menores durante la post-temporada en comparación con la pretemporada.	Clark <i>et al</i> , 2003 (10)
2	310 hombres deportistas.	21 ± 1.9	Ejercicio resistencia	Se utilizó el programa Easy diet para ver la aporte nutritivo a la dieta.	(mg) 133.6 ± 46.6	Diferencias entre deportistas y sedentarios del mismo sexo: (p < 0.05).	Hay diferencias significativas entre deportistas y sedentarios del mismo sexo, en varones.	Mendonça <i>et al</i> , 2012 (8)
	110 hombres sedentarios.	22 ± 1.9			(mg) 109.7 ± 27.3	Diferencias entre deportistas y sedentarios del mismo sexo: (p < 0.05).		
	554 mujeres deportistas.	23 ± 1.9			(mg) 101.7 ± 22.8	No se encuentran diferencias significativas.		
	325 mujeres sedentarias.	24 ± 1.9			(mg) 92,6 ± 24.0			
3	7 hombres con suplemento antioxidante.	32.9 ± 9.9	Ejercicio resistencia normal y sobrecargado	Espectrofotometría de absorción atómica.	Suero: (µmol/L): al inicio 0.98 ± 0.13; después del NT 1.37 ± 0.13; después de OT 1.35 ± 0.16	Después de los entrenos se encuentran diferencias al principio del ejercicio: (p < 0.05).	Las ingestas de suplementos antioxidantes de los dos grupos fueron significativamente diferentes.	Palazzetti <i>et al</i> , 2004 (18)
	10 hombres placebo.	32.9 ± 9.10			Suero: (µmol/L): al inicio 1.06 ± 0.13; después del NT 1.03 ± 0.15; después de OT 1.08 ± 0.12	Después de los entrenos se encuentran diferencias al principio del ejercicio: (p < 0.001).		

Tabla 4: Descripción de los estudios sobre el zinc incluidos en esta revisión.

Zinc								
1	44 hombres atletas.	20.3 ± 1.5	Fútbol, baloncesto, lucha, hockey...	Espectrofotometría de absorción atómica de llama con estándares de calibración acuosos.	Plasma (µg/dl): 87.0 ± 10.0 / Eritrocito: (µg/dl): 1150.0 ± 152.3	No se encuentran diferencias significativas.	Entre los atletas, se observó una asociación significativa entre los niveles de plasma y eritrocitos de zinc. La concentración de zinc es menor en deportistas.	Lukaski <i>et al</i> , 1983 (16)
	20 hombres no entrenados.	23.1 ± 2.8	-		Plasma (µg/dl): 87.0 ± 8.0 / Eritrocito (µg/dl): -	No se encuentran diferencias significativas.		
2	13 mujeres deportistas.	18.5 ± 2.3	Fútbol	Analiza la ingesta con Nutricionist V.	Pre-sesión (mg): 10.4 ± 4.6; Post-sesión (mg): 5.1 ± 2.5	Diferencias significativas en la post-sesión: (p < 0.05).	Ingestas de zinc fueron significativamente menores durante la post-temporada en comparación con la pretemporada. Ingestas medias de zinc fueron marginales (<75% DRI) durante la posttemporada.	Clark <i>et al</i> , 2003 (10)
3	9 hombres.	23 - 46	Corredores	Espectrofotometría de absorción atómica. El cromo en orina se determinó por el método de adiciones en las muestras.	Orina (µg/día): Día de correr 711 ± 496	Significativamente diferente: (p < 0.05).	Inmediatamente después de correr aumentó significativamente la concentración de zinc, no obstante, a las dos horas después de la ejecución disminuyó. También la excreción urinaria diaria de zinc fue significativamente elevada en el día de funcionamiento en comparación con un día no corrido.	Anderson <i>et al</i> , 1984 (5)
					Orina (µg/día): Día de no correr 489 ± 343	Significativamente diferente: (p < 0.05).		
					Antes 81 ± 4, Inmediatamente después 85 ± 4, 2 horas después 75 ± 4	Significativamente diferente: (p < 0.05).		

Tabla 4: Continuación.

4	107 mujeres.	18 - 40	Atletas	Espectrofotometría de absorción atómica de llama.	Todas ( $\mu\text{mol/L}$ ) $14.6 \pm 2$ ; Oral contraceptivo (n=48) $14.5 \pm 1.8$ ; No OC (n=63) $14.7 \pm 2.1$	No se encuentran diferencias significativas.	No se encuentra un cambio en la concentración de zinc si utilizan contraceptivos, aunque se ve un ligero descenso.	Newhouse <i>et al</i> , 1992 (6)
5	40 sujetos, solo acaban 26.	18 - 55	Corredores maratón	Control Sangre con el método de Clegg. Control orina con Analizador Automatizado de Química Seca VI-TROS® 350.	Suero (ppm): Pre-carrera: $0.90 \pm 0.11$ ; Post-carrera: $0.96 \pm 0.17$	No se encuentran diferencias significativas.	No hubo ningún cambio significativo en suero. La excreción urinaria de zinc no cambió.	Buchman <i>et al</i> , 1998 (11)
	Orina (ppm): Pre-carrera: $0.33 \pm 0.21$ ; Post-carrera: $0.30 \pm 0.25$							
6	13 hombres deportistas.	15	Nadadores	Dilución con ácido clorhídrico 2%.	Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $13.7 \pm 0.5$ ; Post-sesión $14.3 \pm 0.5$	Diferencia significativa con la pretemporada ( $p < 0.05$ ).	La ingesta de zinc disminuyó en los sujetos control masculinos a través del tiempo y el aumento de ligeramente en los nadadores masculinos. Los nadadores masculinos y femeninos mostraron ligeros aumentos en la concentración de elementos traza en plasma durante el entrenamiento.	Lukaski <i>et al</i> , 1990 (15)
	15 hombres control.	15	-		Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $13.4 \pm 0.4$ ; Post-sesión $12.8 \pm 0.5$	Diferencia significativa con la pretemporada ( $p < 0.05$ ).		
	16 mujeres deportistas.	13	Nadadores		Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $12.7 \pm 0.5$ ; Post-sesión $12.6 \pm 0.5$	No se encuentran diferencias significativas.		
	13 mujeres control.	13	-		Plasma: ( $\mu\text{mol/L}$ ) Pre-sesión $13.5 \pm 0.6$ ; Post-sesión $12.8 \pm 0.4$	No se encuentran diferencias significativas.		

Tabla 4: Continuación.

7	310 hombres deportistas.	21 ± 1.9	Ejercicio resistencia	Se utilizó el programa Easy diet para ver la aporte nutritivo a la dieta.	(mg) 11.6 ± 4.2	Diferencias significativas entre deportistas y sedentarios del mismo sexo: (p < 0.05).	Hay diferencias significativas entre deportistas y sedentarios del mismo sexo.	Mendonça <i>et al</i> , 2012 (8)
	110 hombres sedentarios.	22 ± 1.9			(mg) 9.7 ± 0.7	Diferencias significativas entre deportistas y sedentarios del mismo sexo: (p < 0.05).		
	554 mujeres deportistas.	23 ± 1.9			(mg) 9.4 ± 3.9	No se encuentran diferencias significativas.		
	325 mujeres sedentarias.	24 ± 1.9			(mg) 8.5 ± 2.4	No se encuentran diferencias significativas.		
8	6 sujetos (4 hombres y 2 mujeres).	31 ± 3	Triatletas	Analizada la ingesta con Nutricionist V.	Antes de la intervención nutricional (µg) 7 ± 4; Después (µg) 38 ± 6	Después de la intervención se encuentran diferencias significativas: (p < 0.05).	Diferencias significativas después del entrenamiento en triatletas.	Frentsos <i>et al</i> , 1997 (7)

Tabla 4: Continuación.

9	41 hombres deportistas.	20.54 ± 1.02	Ejercicio sobre Aviación Especial	Espectrofotometría de absorción atómica de llama.	Suero: Serie I (µmol/L) : Antes: 12.99 ± 1.55; Después 11.72 ± 1.62	Después del entreno encontramos diferencias con antes del entreno: p < 0.001.	La concentración de Zinc en el suero disminuyó significativamente en el grupo A en las tres series de ensayos.	Wochynski et al, 2014 (19)
					Suero: Serie I (µmol/L) : Antes 11.46 ± 2.09; Después 10.30 ± 1.98	Después del entreno encontramos diferencias con antes del entreno: (p < 0.005).		
					Suero: Serie III (µmol/L) : Antes 11.71 ± 1.45; Después 11.85 ± 1.55	No se encuentran diferencias.		
					Suero: Serie I (µmol/L) : Antes: 11.37 ± 1.20; Después 9.01 ± 1.83	Después del entreno encontramos diferencias con antes del entreno: (p < 0.001).		
	14 hombres control.	20	-		Suero: Serie I (µmol/L) : Antes 13.88 ± 1.61; Después 12.81 ± 1.36	Después del entreno encontramos diferencias con antes del entreno: (p < 0.05).		
					Suero: Serie III (µmol/L): Antes 11.65 ± 1.67; Después 11.30 ± 1.46	No se encuentran diferencias significativas.		

Tabla 4: Continuación.

10	34 profesionales: 20.	27 ± 4	Aeróbicos: ciclismo	Voltamperometría de onda cuadrada.	Plasma: (ng·g <sup>-1</sup> ) 1810 ± 1048	Significativamente diferente: (p < 0.05).	La concentración de zinc en el plasma mostró un nivel más alto en deportistas que el grupo de control. Cuando los deportistas se compararon en términos de entrenamiento aeróbico o anaeróbico, encontramos concentraciones significativamente más bajas en el aeróbico que en el grupo anaeróbico.	Rodríguez Tuya <i>et al</i> , 1996 (14)
	34 profesionales: 14.	23 ± 4	Anaeróbicos: judo y esgrima		Plasma: (ng·g <sup>-1</sup> ) 2678 ± 1712			
	16 controles.	22 ± 2			Plasma: (ng·g <sup>-1</sup> ) 1374 ± 574	No se encuentran diferencias significativas.		
11	9 hombres.	24.7 ± 2.1	Ciclistas	Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.	Plasma: Normal (µmol/L) : 11 a 23	No se encuentran diferencias significativas.	No se encuentran diferencias significativas ni en el plasma en todas las fases ni en la orina.	Dressendorfer <i>et al</i> , 2002 (27)
					Plasma: Al inicio (µmol/L): 19.9 ± 1.6			
					Plasma: V (fase del volumen) (µmol/L): 21.1 ± 1.8			
					Plasma: I (Fase intervalo) (µmol/L): 21.2 ± 1.6			
					Plasma: U (Cono de descarga) (µmol/L): 21.1 ± 1.9			
					Orina: Al inicio (mmol/L): 7.4 ± 0.6; I (Fase intervalo): 8.2 ± 0.6; U (Cono de descarga): 8.2 ± 0.7			

Tabla 4: Continuación.

12	65 mujeres.	20.1 ± 3.5	Karate	Sangre con espectrofotometría de absorción atómica de llama. La orina con horno de grafito.	Suero (µmol/L): 16.6 ± 2.2; Excreción 24h (µg/día): 348 ± 156	Se encuentran diferencias significativas en el suero: (p < 0.01).	Los participantes de karate y los corredores tenían niveles significativamente más altos de suero de zinc, mientras que los jugadores de baloncesto presentaron un valor significativamente más bajo. La excreción urinaria de zinc tuvo diferencias significativas entre los grupos de atletas y el grupo control.	Nuviola et al, 1999 (13)
	16 mujeres.	19.9 ± 3.6	Balonmano		Suero (µmol/L): 14.1 ± 1.5; Excreción 24h (µg/día): 647.5 ± 448.9	No se encuentran diferencias significativas.		
	20 mujeres.	19.3 ± 2.4	Baloncesto		Suero (µmol/L): 13.5 ± 1.1; Excreción 24h (µg/día): 429.6 ± 177.2	Se encuentran diferencias significativas en el suero: (p < 0.05).		
	23 mujeres.	20.2 ± 3.6	Corredora		Suero (µmol/L): 15.9 ± 1.8; Excreción 24h (µg/día): 427 ± 223.6	Se encuentran diferencias significativas en el suero: (p < 0.05).		
	65 controles.	21.4 ± 2.8	-		Suero (µmol/L): 14.7 ± 2.0; Excreción 24h (µg/día): 454 ± 369.9	No se encuentran diferencias significativas.		

Tabla 4: Continuación.

13	21 mujeres deportistas.	24 ± 0.6	Sesiones de aerobio	Se utiliza AAS IL-VIDEO y Baird PS-4 acoplado inductivamente a un espectrómetro de emisión de plasma.	Suero (µmol/L): Al principio 12.9 ± 0.3; A la mitad 13.3 ± 0.3; Al final 13.4 ± 0.2	No se encuentran diferencias significativas.	En los sujetos ejercitados, la concentración de eritrocitos con zinc aumenta y el valor al final se diferencia estadísticamente de los controles.	Fogelholm, 1992 (1)
					Eritrocitos (µmol/g Hb): Al principio 0.57 ± 0.001; A la mitad 0.59 ± 0.001; Al final 0.62 ± 0.001	Diferencias entre los grupos, diferencias en el principio y diferencia en la mitad.		
					Suero (µmol/L): Al principio 13.0 ± 0.2; A la mitad 13.1 ± 0.3; Al final 13.2 ± 0.3	No se encuentran diferencias significativas.		
	18 controles.	26 ± 0.6	-		Eritrocitos (µmol/g Hb): Al principio 0.58 ± 0.001; A la mitad 0.60 ± 0.001; Al final 0.57 ± 0.001	No se encuentran diferencias significativas.		

Tabla 4: Continuación.

14	21 hombres deportistas.	22 - 55	Ejercicio resistencia	Se mira la concentración en sangre con técnicas estándares.	Plasma: Con suplemento de zinc (µg/dL): Base: 139 ± 33, Semana 2: 129 ± 36, 4: 146 ± 36, 6: 136 ± 29, 8: 156 ± 43	No se encuentran diferencias significativas.	No hubo ninguna diferencia significativa entre los controles y los ejercitados con o sin suplemento de zinc.	Crouse et al, 1984 (4)
					Plasma: Sin suplemento (µg/dL): Base: 146 ± 27, Semana 2: 135 ± 23, 4: 140 ± 23, 6: 131 ± 30, 8: 141 ± 34			
	23 hombres sedentarios.	20 - 50	-		Plasma: Con suplemento de zinc (µg/dL): Base: 144 ± 17, Semana 2: 146 ± 21, 4: 150 ± 23, 6: 168 ± 46, 8: 171 ± 50			
					Plasma: Sin suplemento (µg/dL): Base: 141.2 ± 23, Semana 2: 135.8 ± 31, 4: 151.6 ± 41, 6: 151.4 ± 41, 8: 146.4 ± 34			

Tabla 4: Continuación.

15	9 hombres con bajo Suro de zinc (hipozincemia).	23.5 ± 0.68	Futbolistas profesionales	Sangre con espectrofotometría de absorción atómica.	Hematocrito (%): T0 44.44 ± 0.84; Durante el ejercicio T1: 42.56 ± 0.78, T2 42.56 ± 0.80; Al final T3 43.22 ± 0.86	No se encuentran diferencias significativas.	La viscosidad de la sangre en el hematocrito nativo fue significativamente menor en los sujetos hipozincemicos cuando se compara a sujetos normozincemicos. La viscosidad sanguínea corregida para hematocrito (45%) se mantuvo más alta durante el ejercicio en estos sujetos hipozincemic.	Khaled et al, 1997 (17)
					Insulinemia (UI/ml) T0 12.78 ± 2.86; Durante el ejercicio T1: 8.00 ± 1.68, T2 6.56 ± 1.09; Al final T3 8.78 ± 1.68	Durante el ejercicio (T1) hay diferencias significativas con antes de hacer el ejercicio: (p < 0.05).		
					Viscosidad de la sangre en el hematocrito nativo (mPa · s): T0 2.62 ± 0.07; T1: 2.88 ± 0.19, T2 2.99 ± 0.07; T3 2.09 ± 0.12	No se encuentran diferencias significativas.		
					La viscosidad sanguínea corregida para hematocrito (45%) (mPa · s): T0 2.38 ± 0.04; T1: 2.42 ± 0.05, T2 2.42 ± 0.04; T3 2.44 ± 0.05			

Tabla 4: Continuación.

15	12 hombres con alto Suro de zinc (normozincemia).	23.5 ± 0.69	Futbolistas profesionales	Sangre con espectrofotometría de absorción atómica.	Hematocrito (%): T0 43.44 ± 0.82; Durante T1: 44.92 ± 0.87, T2 44.83 ± 0.52; Al final T3 44.50 ± 0.63	Durante el ejercicio (T1 y T2) hay diferencias con el grupo 1: (p < 0.05).	La viscosidad de la sangre en el hematocrito nativo fue significativamente menor en los sujetos hipozincemicos cuando se compara a sujetos normozincemicos. La viscosidad sanguínea corregida para hematocrito (45%) se mantuvo más alta durante el ejercicio en estos sujetos hipozincemicos.	Khaled <i>et al</i> , 1997 (17)
					Insulinemia (UI/ml) T0 8.58 ± 1.37; Durante T1: 5.92 ± 0.29, T2 5.67 ± 0.41; Al final T3 8.58 ± 0.84	Durante el ejercicio (T1 y T2) hay diferencias con antes de hacer el ejercicio: (p < 0.05).		
					Viscosidad de la sangre en el hematocrito nativo (mPa·s): T0 2.91 ± 0.10; T1: 2.89 ± 0.07, T2 3.01 ± 0.08; T3 3.14 ± 0.09	Antes de realizar el ejercicio (T0) hay diferencias con el grupo 1: (p < 0.05).		
					La viscosidad corregido (45%) (mPa·s): T0 2.33 ± 0.04; T1: 2.31 ± 0.04, T2 2.29 ± 0.04; T3 2.32 ± 0.05	Durante el ejercicio (T2) hay diferencias con antes de realizarlo: (p < 0.05).		
16	10 jugadores.	26 ± 3.9	Ejercicio aeróbico y anaeróbico	El plasma se mira con la curva de calibración en glicerol al 5%. La orina se hace con una determinación directa de Zn.	Plasma Atleta (µg/100mL): 90.4 ± 8.8; Plasma Control: 92.3 ± 19.9	No se encuentran diferencias significativas.	No hay diferencias entre el control y el atleta tanto en plasma como en orina.	Borella <i>et al</i> , 1989. (20)
	50 controles.	27 ± 3.9	-		Orina Atleta (µg/24h): 770.6 ± 221.0; Orina Control: 634.2 ± 349.0			

## Selenio

Por parte del selenio, se encontraron 3 artículos relacionados con el suplemento, los cuales se utilizaron diferentes técnicas para hallar su concentración en sangre y evaluar la ingesta (*Tabla 3*).

Por una parte, Palazzetti *et al.* (2004) [18] mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica observó en sangre que la concentración de selenio aumentó significativamente tanto en placebo como en sujetos con suplementos, además de aumentar de mayor manera en sujetos deportistas. Por otra parte, los otros 2 artículos se basan en la evaluación de la ingesta con diferentes programas descritos en la *tabla 3* y observa que la ingesta de selenio fue significativamente menor durante la post-temporada en estudios realizados con mujeres futbolistas, teniendo ingestas marginales durante la post-temporada (Clark *et al.* 2003) y que aumenta su concentración en sujetos deportistas comparado con sedentarios del mismo sexo, tanto en hombres como en mujeres (Mendonça *et al.* 2012).

## Zinc

Por último, se encontraron 16 artículos relacionados con el suplemento de zinc, de estos artículos, 8 miraron su concentración en sangre, 3 observaron su ingesta y 5 miraron tanto la concentración en sangre como en orina (*Tabla 4*).

En cuanto a la concentración en sangre, mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, tres de cuatro artículos afirman que los niveles de zinc en la sangre disminuyen en sujetos deportistas comparado con sujetos sedentarios (Lukaski *et al.* 1983; Newhouse *et al.* 1992; Wochynski *et al.* 2014). Sin embargo, Nuviala *et al.* (1999) [13] afirmaron aumentos de zinc en la sangre en participantes de karate y corredores, en contraposición también observaron disminuciones en otros deportes como es el baloncesto. Lukaski *et al.* (1990) [15] utilizando el método de estándares de ácido clorhídrico 2% observaron que la concentración de zinc incrementaba en los deportistas nadadores que en controles, siendo incluso mayor en varones. Fogelholm. (1992) [1] utilizando AAS IL-VIDEO y usando Baird PS-4 acoplado inductivamente a un espectrómetro de emisión de plasma observó un aumento en la concentración de zinc en los eritrocitos de los deportistas. Rodríguez Tuya *et al.* (1996) [14] determinaron la concentración de zinc en sangre mediante la técnica de voltamperometría de onda cuadrada y afirmaron también un incremento de la concentración de zinc en deportistas frente a controles. Además hallaron una mayor concentración de cobre en los sujetos que realizaban ejercicios anaeróbicos en comparación con los que realizaban ejercicios aeróbicos. También, cabe decir que se encontró que la viscosidad en sangre en sujetos con bajos niveles de zinc es ligeramente mayor que en sujetos con niveles de zinc normales y además se mantuvo alta la concentración en los sujetos deportistas hipozincémicos (Khaled *et al.* 1997). Finalmente, los otros 5 artículos que miran las concentraciones en sangre no encontraron ninguna diferencia significativa entre los grupos estudiados (Buchman *et al.* 1998; Borella *et al.* 1989; Crouse *et al.* 1984; Anderson *et al.* 1984, Dressendorfer *et al.*, 2002).

Por parte de la concentración en orina, Anderson *et al.* (1984) [5] observó con el método de adiciones en las muestras que después de hacer ejercicio no se encontraban diferencias significativas pero después de unas horas, la concentración aumenta significativamente. Al igual que se observaba una mayor excreción urinaria de zinc los días en los que se realiza ejercicio en comparación a los días en los que se descansa. No obstante, Nuviala *et al.* (1999) [13] observó un aumento la excreción de zinc en el balonmano (Nuviala *et al.*, 1999), aunque juntamente con otros autores no observaba una diferencia significativa en otros deportes (Nuviala *et al.* 1999; Buchman *et al.* 1998; Dressendorfer *et al.* 2002; Borella *et al.* 1989).

Finalmente, los otros tres artículos se basan en la evaluación de la ingesta con diferentes programas descritos en la *tabla 4* y observan que la ingesta de zinc fue significativamente menores durante la post-temporada en comparación con la pre-temporada en estudios realizados con mujeres futbolistas, teniendo ingestas marginales durante la post-temporada (Clark *et al.* 2003). Sin embargo, otros estudios en triatletas muestran una ingesta mayor después de los entrenamientos y que aumentaba su concentración en sujetos deportistas comparado con sedentarios del mismo sexo, tanto en hombres como en mujeres (Frentsos *et al.* 1997; Mendonça *et al.* 2012).

## Discusión

En esta revisión, los resultados fueron clasificados de acuerdo al suplemento dietético anunciado. Por tanto, el principal objetivo de esta revisión es aclarar si los diferentes oligoelementos aumentan o disminuyen su concentración tanto en orina como en sangre.

Por parte del cobre se pueden observar resultados contradictorios. El cobre es un elemento esencial para muchas enzimas que actúan por ejemplo, en el metabolismo de las proteínas y puede considerarse un potenciador del rendimiento físico en deportistas, por ello, es importante relacionarlo con el ejercicio físico. La mayoría de artículos apoyan que la concentración de cobre en la sangre aumenta comparando sujetos que llevan a cabo ejercicio físico con los que son sedentarios. La diferencia puede estar relacionada con el papel del cobre en diferentes enzimas musculares y su aporte en la síntesis de hemoglobina, catecolaminas y algunas hormonas peptídicas, las cuales hacen que haya un aumento de cobre en los entrenamientos (Holloszy J. *et al.* 1973) del mismo modo que muchas de estas enzimas también regulan la transferencia de hierro a los tejidos (Osaki S. *et al.* 1971). Además, en cuanto al incremento de la concentración debido a los contraceptivos orales, Tyber L.B. (1984) [24] afirma que puede deberse a una función hepática alterada debido a los efectos de los anticonceptivos haciendo así que los niveles en plasma puedan aumentar. Sin embargo, otros artículos describen una disminución del cobre en plasma, Bordin B. *et al.* (1993) explica que en ejercicios físicos muy intensos puede provocar una disminución de cobre en sangre basándose en que una aceleración aplicada en ejercicios como puede ser en ejercicios de aviación espacial explicados por Wochynski *et al.* (2014) [19] pueden llevar a una disminución significativa en la transferencia de cobre a los tejidos. Finalmente, los artículos que no encuentran diferencias significativas afirman que puede deberse a una influencia en la actividad física o también puede estar influido a que los sujetos son limitados y por tanto, podrían dar resultados contradictorios o irrelevantes (Dressendorfer RH. *et al.* 1980; Haralambie G. *et al.* 1970).

El cromo, por otro lado, también es un elemento que actúa como un cofactor de la insulina siendo así una sustancia importante para la regulación de la glucosa, lo que se relacionará directamente con el ejercicio físico. Este oligoelemento está igualmente debatido ya que no se entiende si aumenta o disminuye su concentración durante el ejercicio físico. Por parte de la concentración en la orina, algunos autores afirman que la concentración en orina disminuye comparando sujetos que realizan ejercicio físico con los que no lo realizan. Estas menores pérdida urinarias pueden reflejar un mecanismo de adaptación para la conservación del cromo en el cuerpo (Anderson *et al.* 1987), esta hipótesis fue reafirmada por Vallerand, A.L. *et al.* (1984) [28] en un estudio con animales donde observó que ratas entrenadas retenían el cromo en el tejidos del corazón y de los riñones en comparación a los tejidos en ratas sedentarias. No obstante, Anderson A. *et al.* (1984) [5] observa que corredores de larga distancia tienden a aumentar la concentración de cromo en la orina afirmando que la orina parece no absorberse bien en los riñones debido a diversos valores que lo alteren, como es el metabolismo de la glucosa o una lesión traumática. Además, algunos estudios recientes de Brouns F. (2011) [32] y otros de hace varios años de Kozlowsky A.S. *et al.* (1986) [35] afirman que el aumento de la excreción de cromo puede ser causado por la dieta: las dietas

ricas en HC con alto índice glucémico se relacionan con una alta excreción de cromo debido al efecto que hace en la secreción de insulina y su consiguiente degradación. Por parte de la sangre, las pérdidas urinarias pueden deberse a un aumento en la concentración de cromo dentro de los tejidos de los sujetos, y por tanto, es de esperar que la concentración de cromo en la sangre sea mayor en sujetos que llevan a cabo una actividad física comparado con sujetos sedentarios.

El selenio, por otra parte, es una parte esencial del organismo que actúa en la defensa ante los radicales haciendo de antioxidante, estos radicales aparecen en situaciones de traumatismos y sobre esfuerzo y por tanto, se relaciona también directamente con el ejercicio físico (Brouns F. 2011). En todos los artículos encontrados se ve un aumento de su concentración en sangre comparando los grupos placebo con grupos de deportistas. Estudios realizados por Palazzetti *et al.* (2004) [18] observan que la toma de antioxidantes como es el selenio juega un papel clave a la hora de adaptarse a un entrenamiento que requiere sobrecarga, y por tanto, es de esperar que los sujetos que realizan un ejercicio físico tengan una mayor concentración de selenio comparado con los sujetos sedentarios

Finalmente, el zinc se encuentra en las reservas corporales de todos los organismos y ayuda al crecimiento y el desarrollo de los tejidos, además de tener un papel importante en la capacidad de inmunocompetencia. El zinc es el suplemento más debatido en todos los artículos y el más estudiado por diversos autores. Por una parte, muchos de los estudios afirman que la concentración en sangre del zinc disminuye comparando los sujetos que practican deporte con los sedentarios, esto puede ser debido a diferentes causas reportadas por diversos autores: principalmente, Clarkson P.M. (1991) [29] afirma que la dieta podría afectar a esta disminución ya que afirman que una dieta con un alto contenido en carbohidratos como la pasta, fruta u otros alimentos tienden a ser pobres en zinc además, Campbell, W.W. *et al.* (1987) [34], pensaron que era en parte debido a excesivas pérdidas por orina y sudor, o bien a la falta de recuperación del zinc por caídas transitorias mantenidas por el ejercicio constante y no recuperadas por una dieta equilibrada; secundariamente, el zinc es un componente esencial de un gran número de enzimas que llevan a cabo muchísimas funciones en nuestro sistema fisiológico, por ejemplo, estudios realizados por Oh S.H. *et al.* (1978) [30] en ratas demuestran que la disminución de zinc en ejercicios de resistencia se relaciona con el aumento de la síntesis de metalotioneínas hepáticas, una proteína de unión de zinc, la cual hará que disminuya su concentración. De la misma manera, otros artículos descritos por Newhouse *et al.* (1992) [6] se relaciona la suplementación de zinc con hierro, el zinc podría causar unas interacciones competitivas haciendo que durante el periodo de suplementación de hierro pudiera disminuir su concentración. También, se ha relacionado el ejercicio vigoroso con una redistribución del zinc al sitio donde se lleva a cabo la tensión (Anderson *et al.* 1984), y además está contemplado como un promotor en la reparación de tejidos (Maughan. 1999). También, estudios realizados por Rodríguez Tuya *et al.* (1996) [14] afirman que hay cambios en la concentración en diferentes clases de ejercicios como son el aeróbico y el anaeróbico. Los ejercicios anaeróbicos tienden a tener una mayor concentración de zinc sanguínea, esto se debe a que el zinc actúa como un cofactor de varias enzimas relacionadas con el metabolismo energético en el cual sus actividades menos relevantes son las anaeróbicas, y por tanto, habrá una menor movilización de zinc para apoyar las funciones metabólicas, haciendo que haya una mayor concentración, como consecuencia, las actividades con un mayor aporte del metabolismo energético y por tanto, una mayor movilización del metal serán las aeróbicas las cuales se ha demostrado que tienen una menor concentración de zinc sanguínea. En contraste, el zinc también muestra aumentos en la concentración sanguínea, Nuviala *et al.* (1999) [13] explica que puede ser debido a factores nutricionales, fluctuaciones diurnas, estado nutricional, cantidad y calidad de los alimentos ingeridos o por daños de tipo muscular que puede producir fugas de zinc al fluido extracelular.

Para acabar, la concentración de zinc en orina también conduce a debate ya que en unos artículos se afirma una mayor concentración mientras que otros afirman una menor concentración. En un artículo descrito por Maughan (1999) [31] describe que el ejercicio puede estimular la pérdida urinaria de zinc,

aunque no describe suficientes evidencias, y además, afirma que un aumento de la excreción de zinc por medio de la orina puede estar relacionado con la lesión de fibras musculares provocado por el ejercicio mecánico.

## Conclusión

El ejercicio físico puede influir tanto en disminuciones como en aumentos en las concentraciones de los oligoelementos. Todo esto está definido por los diferentes mecanismos que llevan a cabo cada uno de ellos. Tanto el cobre, como el cromo y el zinc están muy debatidos y no se tiene del todo claro si hacen que aumente o disminuya su concentración en orina y/u sangre, mientras que el selenio se sabe ciertamente que aumenta. El cobre, por una parte, puede aumentar en la sangre debido a que es un elemento que ayuda al metabolismo de muchas enzimas que ayudan al músculo y a la sangre a transportar el hierro necesario, no obstante, las disminuciones también pueden deberse a otros factores como son el ejercicio físico intenso que puede hacer que haya un mayor transporte o redistribución del cobre provocando una menor concentración en el plasma. El cromo, por otra parte, dependiendo de diferentes factores que tengamos en cuenta también aumenta o disminuye, puede disminuir su excreción en la orina teniendo en cuenta que es importante para la regulación de la glucosa, indispensable para la obtención de energía, y por tanto, será necesario tener una mayor concentración en el cuerpo (haciendo así que también aumente su concentración en sangre), mientras que si su excreción aumenta puede ser debido a lesiones en músculos que hacen que se pueda liberar al líquido extraplasmático o que se pueda llevar una mala absorción en el hígado. El zinc, aumenta y disminuye al igual que los otros dos oligoelementos anteriores, el zinc al ser un oligoelemento esencial para muchas funciones es de esperar que aumente su concentración, actuando así como cofactores de enzimas importantes en nuestro metabolismo, y una disminución de éste se dará en ocasiones en donde haya una dieta con falta de zinc o en ejercicios muy seguidos haciendo que haya una excreción de líquidos por la sudoración producido por el ejercicio. Finalmente, el selenio, aumenta su concentración en sangre ya que en el ejercicio físico se pueden llegar a liberar muchos radicales que pueden hacer que se oxiden moléculas importantes en el metabolismo, y el selenio por su parte puede actuar como antioxidante y combatir contra estas moléculas.

Cabe decir, que todos los artículos recopilados en esta revisión tienen en cuenta sujetos que llevan a cabo ejercicio físico de forma rutinaria y muchos de ellos de forma profesional, y por tanto, si se realizaran estudios con sujetos no profesionales las concentraciones podrían cambiar y aclarar las contradicciones que se encuentran en la mayoría de los oligoelementos explicados.

Además, se tiene que tener en cuenta que no todas las personas siempre pueden dar los mismos resultados en cuanto a la concentración, cada persona puede tanto aumentar o disminuir de una forma u otra. Una dieta o alimento puede favorecer a un individuo y ser excesivo para otro, y por tanto, dependiendo de su carga genética y de la epigenética individual, la ingesta de un alimento u otro le favorecerá o le perjudicará a la hora de hacer ejercicio o de llevar una vida saludable.

## Bibliografía

1. Fogelholm M, (1992) Micronutrient status in females during a 24-week fitness-type exercise program. *Annals of nutrition & metabolism* **36**, 209-18.
2. Anderson A, Noella A, Marilyn R, et al. (1987) Exercise effects on chromium excretion of trained and untrained men consuming a constant diet. *Journal of applied physiology* **64**, 249-52.
3. Resina A, Gatteschi L, Rubenni G, et al. (1991) Comparison of some serum copper parameters in trained professional soccer players and control subject. *The Journal of sports medicine and physical fitness* **31**, 413-6.
4. Crouse F, Philip L, Hemming A, et al. (1984) Zinc ingestion and lipoprotein values in sedentary and endurance-trained men. *JAMA* **252**, 785-7.
5. Anderson A, Marylin M, Noella A. (1984) Acute Effects on Chromium, Copper, Zinc, and Selected Clinical Variables in Urine and Serum of Male Runners. *The Humana Press* **6**, 327-333.
6. Newhouse J, Douglas B, Chrys Lai. (1992) Effects of iron supplementation and discontinuation on serum copper, zinc, calcium, and magnesium levels in women. *Medicine and science in sports and exercise* **25**, 562-571.
7. Frentsos J and Baer J. (1999) Increased Energy and Nutrient Intake during Training and Competition Improves Elite Triathletes' Endurance Performance. *International Journal of Sport Nutrition* **7**, 61-71.
8. Mendonça, R. C. L., Sospedra, I., Sanchis, I., Manes, J., & Soriano, J. M. (2012). Comparación del somatotipo, evaluación nutricional e ingesta alimentaria entre estudiantes universitarios deportistas y sedentarios. *Medicina Clínica*, **139**, 54-60.
9. Dressendorfer H, Petersen R, Moss Lovshin E, et al. (2002) Mineral Metabolism in Male cyclists Firing High-Intensity Endurance Training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **12**, 63-72.
10. Clark M, Reed B, Crouse F, et al. (2003) Pre- and Post-season Dietary Intake, Body Composition, and Performance Indices of NCAA Division I Female Soccer Players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **13**, 303-319.
11. Buchman L, Keen C, Commisso J, et al. (1998) The Effect of a Marathon Run on Plasma and Urine Mineral and Metal Concentrations. *Journal of The American College of Nutrition* **17**, 124-127.
12. Anderson R, Polansky M, Bryden N, et al. (1981) Effect of exercise (running) on serum glucose, insulin, glucagon, and chromium excretion. *Diabetes* **31**, 212-6.
13. Nuviola R. (1999) Magnesium, zinc, and copper status in women involved in different sports. *International journal of sport nutrition* **9**, 295-309.
14. Rodríguez I, Pinilla E, Maynar M, et al. (1996) Evaluation of the influence of physical activity on the plasma concentrations of several trace metals. *Fur J. Appl Physiol* **73**, 299-303.
15. Lukaski H, Hoverson B, Gallagher S, et al. (1990) Physical training and copper, iron, and zinc status of swimmers. *American Society for Clinical Nutrition* **51**, 1093-9.
16. Lukaski H, Bolonchuk W, Klevay L, et al. (1983) Maximal oxygen consumption as related to magnesium, copper, and zinc nutriture. *The American Journal of Clinical Nutrition* **37**, 407-415.
17. Khaled S, Brun J.F, Micallef J.P, et al. (1997) Serum zinc and Blood rheology in sportsmen (football players). *Clinical Hemorheology and Microcirculation* **17**, 47-58.
18. Palazzetti S, Rousseau A, Richard M, et al. (2004) Antioxidant supplementation preserves antioxidant response in physical training and low antioxidant intake. *British Journal of Nutrition* **91**, 91-100.
19. Wochoński Z, Andrzej K. (2014) Effect of exercise on Special Aviation Gymnastics Instruments on blood serum level of selected biochemical indices in cadets. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* **21**, 106–111.
20. Borella P, Sala F, Giardino A. (1989) A nutrition survey of a group of athletes with particular reference to magnesium, zinc and copper i. *Annali di igiene: medicina preventiva e di comunità*. **1**, 769-87.

21. Campbell W, Lyndon J, Davey S, et al. (1999) Effects of resistance training and chromium picolinate on body composition and skeletal muscle in older men. *J Appl Physiol* **86**, 29-39
22. Ebbeling C. B, Clarkson P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine* **7**, 207-234.
23. Osaki S, Johnson D, Frieden E. (1971). The mobilization of iron from the perfused mammalian liver by a serum copper enzyme ferroxidase I. *Biol Chem* **246**, 018-23.
24. Tyber L. B. (1984) Nutrition and the pill. *J. Reprod. Med* **29**, 547-550.
25. Bordin D, Sartorelli I, Bonanni G, et al. (1993) High intensity physical exercise induced effects on level of copper and zinc. *Biol Trace Elem Res* **2**, 129–134.
26. Haralambie G, Keul J. (1970). The response of serum ceruloplasmin and copper during prolonged athletic training. *Arztl. Forseh.* **24**, 112-5.
27. Dressendorfer RH, Sockolov R. (1980) Hypozincemia in runners. *Sports Med* **8**, 97-100.
28. Vallerand A. L, Cuerried J.P, Shapcott D, et al. (1984) Influence of exercise training on tissue chromium concentration in the rat. *Am. J. Clin. Nutri.* **39**, 402-409.
29. Clarkson P.M. (1991) Minerals: exercise performance and supplementation in athletes, *Journal of Sports* **9**, 91–116.
30. Oh SH, Deagen iT, Whanger PD, et al. (1978) Biological function of metallothionein. V. Its induction in rats by various stresses. *AJmPhysiol Endocrinol Metab Gastrointest Physiol* **3**, 282-5.
31. Maughan R. (1999) Role of micronutrients in sport and physical activity. *British Medical Bulletin* **55**, 683-690.
32. Brouns, F. (2001). Necesidades nutricionales de los atletas. *Editorial Paidotribo*.
33. Underwood, E. (2012). *Trace Elements in Human and Animal Nutrition 4e*. Elsevier.
34. Campbell, W.W., Anderson, R.A. (1989): Effects of aerobic exercise and training on the trace minerals chromium, zinc and copper. *Sports Medicine*. **4**, 918.
35. Kozlowsky, A.S. (1986) Effects of diets high in simple sugars on urinary chromium losses. *Metabolism* **35**, 515-518.
36. Higdon, J. Micronutrient Research for Optimum Health. Linus Pauling Institute, Oregon State University, 2003 (Reviewed 2015). <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/chromium/>.