



La leche y los productos lácteos: fuentes dietéticas de calcio

Rosaura Farré Rovira

Catedrática jubilada de Nutrición y Bromatología. Universidad de Valencia. España.

Resumen

Se señala la importancia del calcio en la alimentación humana, los mecanismos de absorción y de excreción del elemento, y los factores que influyen en los mismos con especial mención a los factores dietéticos. Tras revisar, en población europea y española, las ingestas de calcio y los principales contribuyentes dietéticos, se indican las ingestas recomendadas en España, los países nórdicos y los Estados Unidos.

En relación a las fuentes dietéticas de calcio se señala que el valor de un alimento como fuente dietética de un nutriente depende de su contenido en el alimento, la biodisponibilidad del nutriente y el consumo habitual del alimento. Se muestran los contenidos de calcio de alimentos potenciales fuentes del elemento, y se estima su valor como fuente dietética si se considera la absorbabilidad potencial del calcio que contienen. Se destacan asimismo las ventajas de la leche y sus derivados como fuentes de calcio.

Para satisfacer las elevadas necesidades de calcio grupos de población como los niños, mayores... pueden requerir alimentos enriquecidos o suplementos, por lo que se comentan algunos ejemplos de la eficacia de esta suplementación.

Se concluye que alimentos y bebidas constituyen la fuente de elección de calcio. Que por el contenido de calcio, el tamaño habitual de la ración y los hábitos de consumo la leche y derivados, los frutos secos, los vegetales de hoja verde y las leguminosas, proporcionan aportes adecuados de calcio. Sin embargo, los lácteos constituyen la mejor fuente dietética por la biodisponibilidad del calcio que suministran.

(*Nutr Hosp* 2015;31(Supl. 2):1-9)

DOI:10.3305/nh.2015.31.sup2.8676

Palabras clave: *Calcio. Leche. Derivados lácteos.*

Introducción

El calcio desempeña importantes y variadas funciones en el organismo, es un elemento esencial, siendo imprescindible un aporte suficiente para la salud y el bienestar de los seres humanos. Durante la infancia y la adolescencia se requiere un aporte adecuado para

Correspondencia: Rosaura Farré Rovira.
Sant Antoni Ma Claret, 34, 4t.
08025 Barcelona.
E-mail: rosaura.farre@uv.es

MILK AND MILK PRODUCTS: FOOD SOURCES OF CALCIUM

Abstract

The importance of calcium in human nutrition, the mechanisms of absorption and excretion of the element, and the factors affecting them with special reference to dietary factors are described. After reviewing daily dietary intakes of calcium and the main contributors in European and Spanish population, recommended intakes in Spain, the Nordic countries and the United States are mentioned.

In relation to the dietary sources of calcium it has to be noted that the value of a given food as a source of a nutrient depends on its content in the food, the bioavailability of the nutrient and the usual food consumption. The calcium contents of potential food sources of the element are reported and its value is estimated according to the potential absorbability of the calcium they contain. The benefits of milk and dairy products as sources of calcium are also highlighted.

Populations such as children or elderly may require fortified foods or supplements to satisfy their high calcium needs, so some examples of the efficacy of this supplementation are discussed.

It is concluded that food and drinks are the best choice to obtain calcium. Taking into account the calcium content, the usual portion size and the consumption habits milk and dairy products, nuts, green leafy vegetables and legumes can provide adequate amounts of calcium. However, milk and dairy products constitute the best dietary source thanks to the bioavailability of the calcium they contain.

(*Nutr Hosp* 2015;31(Supl. 2):1-9)

DOI:10.3305/nh.2015.31.sup2.8676

Key words: *Calcium. Milk. Milk foods.*

alcanzar el pico óptimo de masa ósea, y más adelante para enlentecer su pérdida durante el envejecimiento.

En el organismo humano el calcio es el quinto elemento en importancia, con contenidos de unos 1.400 y 1.200 g, en hombres y en mujeres adultas, respectivamente. El 99% del calcio del organismo está en el tejido óseo y los dientes en forma de hidroxapatita cálcica; además de proporcionar estructura y fuerza al organismo, los huesos constituyen un reservorio de calcio que ayuda a mantener constante su concentración en sangre. El 1% de calcio restante se encuentra en forma ionizada libre o unido a la albúmina, y

constituye un pool fácilmente intercambiable entre la sangre, los fluidos extracelulares y todas las células del organismo. El calcio libre desempeña papeles vitales en la señalización celular, la transmisión neuromuscular, la secreción glandular, la coagulación de la sangre y numerosas reacciones enzimáticas¹.

Fisiología: homeostasis, mecanismos de absorción y excreción

Gracias a factores sistémicos y locales que regulan la absorción intestinal de calcio, su entrada y salida del hueso, y la excreción y reabsorción renal del mismo, la concentración plasmática de calcio se mantiene constante en un intervalo estrecho (2,1 a 2,6 mmol/L), por lo que no se dispone de biomarcador alguno de estatus de calcio. Las hormonas más importantes en la regulación de la homeostasis del calcio son la paratiroides (PTH) y la 1,25 dihidroxivitamina D¹.

Absorción- En el intestino el calcio de la dieta se mezcla con el de los fluidos digestivos absorbiéndose, mayoritariamente, en la parte superior del íleon por dos mecanismos: difusión paracelular pasiva y un proceso transcelular activo que requiere energía y la acción de la 1,25 dihidroxivitamina D.

La difusión paracelular pasiva es un proceso no saturable, independiente de la vitamina D y de la edad, que aumenta con la ingesta dietética, siempre que el calcio se encuentre en forma absorbible en el intestino mayoritariamente ionizado (Ca²⁺) o unido a moléculas orgánicas. Los componentes de la dieta que favorecen la solubilidad del calcio, entre ellos los fosfopéptidos procedentes de la caseína, aminoácidos como la l-lisina y la l-arginina que forman quelatos con el calcio estimulan la difusión pasiva. También ejercen un efecto favorable algunos hidratos de carbono, en especial la lactosa que en cantidades elevadas aumenta la absorción pasiva de calcio en ausencia de vitamina D y por consiguiente, disminuye la concentración intestinal de proteína fijadora de calcio y el transporte activo de éste^{1,2}.

El transporte transcelular activo es saturable y consta de tres etapas: entrada por el borde en cepillo del enterocito, difusión en el citoplasma y secreción a través de la membrana basolateral al líquido extracelular. En la regulación de la captación de iones de calcio (Ca²⁺) en el lado apical del epitelio, y la liberación en la membrana basolateral intervienen canales epiteliales (Ca²⁺) TRPV5 y TRPV6 (que también se expresan en el riñón y en otros órganos), calbindinas, la Ca-ATPasa de la membrana plasmática, y el intercambiador Na⁺/Ca²⁺ (NCX1), cuya activación y/o expresión controla la 1,25-(OH)₂-D por unión al receptor de la vitamina D. La eficiencia del transporte activo mejora cuando los aportes de calcio son bajos y las necesidades de calcio elevadas (crecimiento, embarazo y lactación) y disminuye al envejecer¹.

Dependiendo de la solubilidad, la forma química y otros componentes del alimento, el porcentaje neto

medio de absorción del calcio dietético (diferencia entre el aporte dietético y la eliminación fecal) se estima en los adultos en alrededor del 25% (entre el 10 al 40 %). La absorción disminuye cuando el aporte dietético de calcio es alto y por el contrario aumenta cuando es bajo. La hormona paratiroides (PTH) y la 1,25-(OH)₂-D modulan la adaptación del organismo en respuesta a mayores o menores concentraciones séricas de calcio. En los lactantes la absorción neta de calcio oscila entre el 30 y el 60%, máximo a lo largo de la vida³, a continuación disminuye para aumentar de nuevo antes de la pubertad, etapa en que la absorción neta es relativamente alta (34%), para retroceder posteriormente al 25% en los adultos. Durante el embarazo la absorción de calcio se duplica⁴.

La absorbabilidad potencial del calcio, es decir la absorción en las condiciones fisiológicas más favorables, depende del alimento, mientras que la absorción depende de la capacidad absorbente del intestino, en la que influyen factores fisiológicos como las reservas de calcio, la regulación hormonal o el aporte dietético previo de calcio.

Los componentes de la dieta y compuestos intrínsecos de los alimentos (fitatos de cereales y semillas, oxalatos de espinacas, nueces y acederas, taninos del té...) y lípidos no absorbidos pueden reducir la absorción al formar compuestos poco solubles con el calcio. No obstante, el balance de calcio sólo parece afectarse cuando la dieta no es equilibrada, por ejemplo en dietas vegetarianas estrictas que no incluyen leche ni derivados. Otros componentes de los vegetales como las pectinas ligeramente metoxiladas, inhiben fuertemente la absorción de calcio y otros minerales, mientras que componentes de la fibra (celulosa, hemicelulosa, ligninas y polisacáridos no celulosa) parecen no tener efecto directo alguno sobre la absorbabilidad del calcio². En adultos sanos, una concentración elevada de lactosa aumentaría la permeabilidad de la mucosa intestinal, pero la cantidad de lactosa que proporciona la leche no parece ejercer efecto significativo alguno sobre la absorción de calcio en adultos sanos. Sin embargo, cualquier efecto de la lactosa sobre la absorción pasiva de calcio puede resultar enmascarado por el transporte activo, que en general es suficiente cuando la ingesta dietética de calcio es moderada y no hay carencia de vitamina D. La lactosa puede ser más importante cuando la ingesta de calcio es elevada (lactantes y ancianos), la solubilidad es un factor limitante y la absorción pasiva de calcio la vía mayoritaria².

La principal causa de cambios en la tasa de absorción y retención de calcio es la ingesta dietética, siendo inversa la relación entre ésta y la utilización de calcio.

Excreción y re-absorción renal de calcio- La mayor parte del calcio absorbido se almacena en el tejido óseo y el exceso se elimina vía fecal, urinaria y por la piel. En los adultos con una ingesta diaria de alrededor de 1.000 mg de calcio la eliminación se estima del 70 al 80%. El calcio no absorbido se elimina por las heces formando complejos con los ácidos biliares, los ácidos

grasos libres, el oxálico y el fítico⁵. Las pérdidas por el sudor y la piel se estiman comprendidas entre 20 y 70 mg/ día, y pueden aumentar en situaciones de calor y actividad física intensa.

La excreción renal neta de calcio es el resultado de dos mecanismos la filtración pasiva (glomerular y tubular) y la reabsorción activa (túbulo proximal, asa de Henle, túbulo distal) (normal superior al 98 % de la carga filtrada), controlada por la hormona paratiroides (PTH), la calcitonina y la 1,25-(OH)₂-D, cuyos contenidos dependen de la concentración de calcio en el fluido extracelular vía CaSR. La excreción media de calcio por orina (24-h) se estima en 40 mg, 80 mg y 150 - 200 mg en niños pequeños, prepúberes y adultos sanos, respectivamente. Concentraciones séricas de calcio inferiores a 2 mmol/L, disminuyen la excreción urinaria a valores inferiores a 30 mg de calcio/24 h. La excreción urinaria máxima de calcio de un adulto sano es de unos 1.000 mg/24 h, valores superiores se asocian al riesgo de deposición de calcio en el tejido renal y/o a la formación de cálculos renales, por sobresaturación de la orina con calcio y fosfato y es favorecida por un medio alcalino^{1,2}.

El fósforo puede ejercer un efecto directo en la excreción de calcio por incremento de su reabsorción en la parte distal de la nefrona y otro, indirecto, por estimulación de la secreción de la hormona paratiroides (PTH) o aumento de la captación del calcio absorbido por el hueso. En resumen, la absorción simultánea de calcio y de fósforo favorece la captación de calcio por el tejido óseo, disminuyendo su pérdida por orina.

Una ingesta proteica excesiva tiende a incrementar las pérdidas de calcio por orina, efecto que puede enmascararse por el exceso de fósforo (que proporcionan los alimentos ricos en proteínas y en fósforo). Las proteínas con aminoácidos azufrados (cisteína y metionina) liberan al degradarse azufre oxidado a sulfato, que provoca una acidosis moderada y aumenta la excreción de calcio por orina. Asimismo los iones sulfato fijan el calcio impidiendo su reabsorción tubular e incluso su absorción ósea. Ello explica que una ingesta excesiva de proteínas ricas en aminoácidos azufrados y/o de algunas aguas minerales ricas en sulfatos provoque pérdidas de calcio por orina. De igual modo, la acidosis metabólica crónica por ingestas de sulfatos y cloruros en exceso provoca pérdidas elevadas de calcio por orina, mientras que la alcalosis causada por el bicarbonato o el citrato potásico ejerce el efecto opuesto².

Existe una relación entre los aclaramientos renales de calcio y de sodio. Dado que prácticamente todo el sodio ingerido se elimina por orina, el efecto del calcio sobre la eliminación de calcio es claro, se estima que por cada 2 g de sodio dietético extra la excreción urinaria de calcio aumenta en unos 30 a 40 mg.

En resumen, los factores dietéticos que modifican la eliminación de calcio por orina ejercen una influencia significativa en el balance de calcio, pudiendo superar en importancia a los factores que afectan a su disponibilidad intestinal. Por ello, las pérdidas inevitables

de calcio por orina, que constituyen gran parte de los requerimientos de mantenimiento, son mayores en las dietas de tipo occidental, ricas en factores negativos (proteínas de origen animal, sulfatos, sodio, café, té y alcohol), que en otras dietas con menores contenidos de estos componentes.

Balance de calcio.- Niños sanos, adolescentes y adultos jóvenes tienen un balance positivo de calcio, durante el crecimiento y desarrollo óseo.

Los estudios de balance muestran que al reducir la ingesta de calcio se origina un período de balance negativo de varias semanas, hasta alcanzar un nuevo equilibrio, gracias a la capacidad de adaptación del organismo, que podría reducirse al envejecer. Según ya se ha mencionado, factores dietéticos (ingestas de sodio, potasio, fósforo y equilibrio ácido-base) influyen en el balance de calcio, aunque el efecto sobre el tejido óseo no es claro.

Requerimientos e ingestas recomendadas^{1,6}

La falta de criterios claros de deficiencia de calcio por una baja ingesta, a causa del turnover del tejido óseo, hace difícil llegar a un consenso sobre los requerimientos fisiológicos de calcio. Hay que tener en cuenta que ingestas dietéticas de calcio inadecuadas permiten mantener constantes, durante largo tiempo, la concentración plasmática y la actividad del calcio ionizado del organismo, gracias a la movilización de los depósitos de calcio del tejido óseo, y al aumento de la absorción intestinal neta y de la reabsorción renal del elemento.

La variabilidad en el grado de absorción del calcio, debida a la adaptación a diferentes ingestas y necesidades fisiológicas, así como a la variada composición de las dietas añade incertidumbre al uso de las estimaciones de absorción neta de calcio para establecer los requerimientos. A ello debe añadirse la necesidad de tener en cuenta la adecuación de la vitamina D, por su papel esencial en la absorción de calcio.

La densidad ósea y la incidencia de osteoporosis no se consideran medidas adecuadas para determinar los requerimientos de calcio por estar sujetas a influencias físicas, genéticas y nutricionales.

Por otra parte, al ser el depósito endógeno de calcio unas 1.000 veces superior a la ingesta (500- 1.000 mg/ día), no es fácil establecer condiciones fiables que permitan evaluar las pérdidas obligatorias de calcio frente a las ingestas dietéticas. Aunque para analizar la adecuación de los requerimientos de calcio se ha utilizado el balance metabólico, una revisión de la bibliografía muestra que son escasos los estudios de duración suficiente para que se produzca una adaptación sistémica e intestinal a las ingestas dietéticas alteradas o que midan simultáneamente la adaptación hormonal homeostática sistémica. Los estudios de larga duración de Malm (1958)⁷ indican que con el tiempo un hombre adulto puede adaptarse a ingesta de 400 mg de cal-

cio/día, pero la mayoría de estudios metabólicos han utilizado ingestas superiores y la extrapolación de los datos se ve limitada por la variada biodisponibilidad del calcio de las distintas dietas utilizadas. Y si bien los varones adultos pueden adaptarse a ingestas de calcio muy bajas⁷, no se dispone de estudios de balances de calcio de larga duración en mujeres similares a los realizados en hombres, y no es evidente que las mujeres postmenopausicas puedan alcanzar el balance con aportes bajos de calcio. En resumen, la mayoría de los estudios son de corta duración y la adaptación a ingestas de calcio bajas no parece evidente.

La determinación de las ingestas dietéticas de referencia (IDR) para calcio, en especial en niños, se ha basado en gran parte en la evaluación de la relación entre la ingesta y la absorción y retención de calcio (estudios de balance). En la actualidad la mayoría de los estudios utilizan un doble marcado con isótopos estables (dual-tracer stable isotope), aunque en ocasiones todavía se usen los estudios de balance u otros métodos isotópicos. Los valores de las IDR se han de evaluar en las condiciones más controladas posible, lo cual puede ser difícil, en especial en niños pequeños, por la mala tolerancia al control dietético y la recogida de muestras durante períodos largos de tiempo. También se deben tener en cuenta otros factores dietéticos como el estado en vitamina D y la presencia de promotores e inhibidores de la absorción de calcio. Aunque en la mayoría de poblaciones sanas sin ingestas de calcio muy bajas y concentraciones séricas de 25-hidroxivitamina D adecuadas, la influencia de los restantes factores dietéticos sobre la absorción o retención neta de calcio, a utilizar para establecer las IDR es de escasa importancia⁸.

En las tablas I, II y III se muestran, respectivamente, las recomendaciones de calcio para población española^{9,10}, nórdicas¹¹ y de los EE.UU.¹².

En las recomendaciones nórdicas¹¹, cuyas ingestas recomendadas de calcio para adultos (800mg/ día) son inferiores a las españolas (1.000 mg/día) y a las norteamericanas (hasta 1.300 mg/ día), los requerimientos se han estimado asumiendo que el principal determinante es la pérdida de calcio, con incrementos estimados para la formación y consolidación del tejido óseo. Las necesidades de los adultos para el crecimiento óseo son mínimas, aun teniendo en cuenta que un 10% del fortalecimiento óseo ocurre durante la tercera década de la vida. Faltan datos fiables de las pérdidas de calcio por el sudor y la descamación de la piel.

Las recomendaciones nórdicas¹¹ y las del IoM¹² incluyen el límite superior de ingesta (UL) definido como la ingesta diaria máxima del nutriente a largo plazo (meses o años) que es improbable constituya un riesgo de efectos adversos en la salud de los humanos, para el calcio se establece en 2.500 mg/ día. Entre los efectos adversos de ingestas de calcio en exceso cabe mencionar: hipercalciuria, alteración de la función renal, formación de cálculos renales, síndrome leche-álcali, calcificación vascular, aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular y aumento del riesgo de cáncer de próstata¹².

Ingestas dietéticas de calcio

En los países europeos¹ las ingestas medias de calcio varían en función del sexo, la edad y los hábitos de enriquecimiento o no de los alimentos con calcio. La comparación de valores procedentes de distintos países es difícil por la elevada diversidad de métodos utilizados en la evaluación de las ingestas individuales de calcio en las distintas etapas de la vida, la falta de

Tabla I
Ingestas dietéticas recomendadas de calcio para población española

	<i>Edad (años)</i>	<i>Moreiras et al. 2013⁹</i>	<i>FESNAD, 2010 IDR¹⁰</i>
Niños y niñas	0-0,5	200	400
	0,6-1	260	525
	2-3	700	600
	4-5	1.000	700
	6-9	1.000	800
Hombres	10-19	1.300	1.100/ 1.000
	20-59	1.000	900
	60 o más	1.200	1.000
Mujeres	10- 19	1.300	1.100/1.000
	20-49	1.000	900
	50 a 60 y más	1.200	1.000
Gestación	2ª mitad	1.300	1.000
Lactancia		1.300	1.200

Tabla II
Recomendaciones nórdicas de calcio¹¹

Calcio mg/día	Mujeres	Hombres	2-5 años	6-9 años	10-13 años
RI	800	800	600	700	900
AR	500	500			
LI	400	400			
UL	2.500*	2.500*			

RI: Ingesta recomendada; AR: Requerimiento promedio; LI: Valor de baja ingesta; UL: Valor máximo de ingesta.

uniformidad en las clasificaciones por edad y las diferencias en las tablas de composición de los alimentos utilizadas para calcular los aportes de calcio.

Las ingestas medias de calcio de los adultos europeos oscilan entre los 623 mg/día (Bélgica, 75 años) y los 1.374 mg/día (Dinamarca, hombres, 18-24 años), las medianas se encuentran también en este intervalo. Los valores disponibles para los percentiles más elevados de ingesta (P95) se hallan comprendidos entre los 1.045 mg/día (España, P95, mujeres, 18-64 años) y los 2.422 mg/día (Alemania, P95, hombres, 19-24 años). Estos valores proceden de encuestas que incluyen tanto alimentos como suplementos.

En España la ingesta media observada de calcio es de 1.000 mg/día para hombres adultos jóvenes (18-24 años) y 800 mg/día para mujeres en el mismo intervalo de edad¹³.

Los productos lácteos son los principales contribuyentes (entre el 45 y el 70%) al aporte dietético de calcio en Europa^{2,14} y también en España (48%)¹⁵.

Los principales contribuyentes al aporte de calcio en la dieta de los españoles son: la leche y derivados (48%), les siguen pescados, moluscos y crustáceos (12%), cereales y derivados (9%), huevos y derivados (7%), frutas y frutos secos (5%) y por último legumbres y verduras (4%)¹⁵.

Fuentes dietéticas de calcio

Las necesidades diarias de calcio pueden satisfacerse mediante alimentos ricos en calcio intrínseco, alimentos y bebidas enriquecidos en calcio, suplementos o la combinación de alimentos y suplementos. En cualquier caso, los alimentos se consideran la fuente de elección de calcio dietético.

El valor de un alimento como fuente de un nutriente viene determinado por su contenido y biodisponibilidad en el alimento, el tamaño habitual de la ración y los hábitos de consumo. El contenido de nutriente depende, principalmente, del tipo de alimento, aunque puede experimentar pequeñas variaciones en función del origen, las condiciones de cultivo, la alimentación etc.

Por biodisponibilidad de calcio se entiende la fracción del calcio dietético que es potencialmente absorbible por el intestino y puede utilizarse en funciones fisiológicas, en especial en la mineralización ósea o para limitar la pérdida de masa ósea, conocerla es im-

Tabla III
Calcio- ingestas dietéticas de referencia mg/ día¹²

	Edad	AI	EAR	RDA	UL
Lactantes (meses)	0-6	200			1.000
	6-12	260			1.500
Niños (años)	1-3		500	700	2.500
	4-8		800	1.000	2.500
Varones (años)	9-13		1.100	1.300	2.500
	14-18		1.100	1.300	3.000
	19-50		800	1.000	2.500
	51-70		800	1.000	2.000
	>70		1.000	1.200	2.000
Mujeres (años)	9-18		1.100	1.300	3.000
	19-50		800	1.000	2.500
	51->70		1.000	1.200	2.000
Embarazo	14-18		1.100	1.300	3.000
	19-50		800	1.000	2.500
Lactancia	14-18		1.100	1.300	3.000
	19-50		800	1.000	2.500

AI: Average Intake; EAR: Estimated Average Requirement; RDA: Recommended Dietary Allowance; UL: Upper Level intake.

prescindible para establecer los requerimientos. La fuente de calcio, la ingesta dietética, factores genéticos y el estado nutricional en calcio y vitamina D influyen en la biodisponibilidad del calcio.

En la tabla IV se muestran los contenidos de calcio de una selección de alimentos, ordenados de mayor a menor, y tomados de la base española de datos de composición de alimentos (BEDCA)¹⁶. Como puede observarse la concentración de calcio de los alimentos oscila en un amplio intervalo de valores. Hierbas aromáticas (albahaca, tomillo y eneldo) y especias como por ejemplo la canela, destacan por su elevado contenido de calcio, pero a pesar de ello no son buenas fuentes dietéticas, al utilizarse en muy pequeña cantidad.

Alimentos de origen vegetal como los frutos secos (almendras y avellanas), algunas verduras (col rizada y espinacas, entre otras) y leguminosas (alubias) tienen contenidos de calcio del mismo orden e incluso superiores a los de la leche, y tamaños habituales de la ración de interés para satisfacer la necesidades de calcio. Pero ello no es suficiente hay que tener también en cuenta su absorbabilidad. En este sentido en la tabla V adaptada de¹⁷ se muestra una estimación de la cantidad de calcio absorbible, calculada teniendo en cuenta el contenido de calcio del alimento, el tamaño de la ración y el porcentaje neto de absorción de calcio.

Como se muestra en la tabla V la cantidad estimada de calcio absorbible que proporcionan los alimentos de origen vegetal es, en general, inferior a la obtenida a través de los derivados lácteos, y el número de raciones de un alimento determinado necesarias para obtener el calcio que proporciona un vaso de leche (240 g/ ml) varía en función del alimento. Los datos ponen de manifiesto las diferencias entre el valor de distintos alimentos vegetales como fuentes de calcio, así mientras algunos (coles, almendras y albaricoques secos/orejones) proporcionan calcio con buena absorbabilidad, otros (espinacas y ruibarbo), a pesar de su contenido en calcio no son buenas fuentes por la presencia de oxalato que forma oxalato cálcico poco soluble, y en consecuencia poco absorbible¹⁸. Para la mayoría de la población es poco factible obtener una ingesta suficiente de calcio a partir de una dieta vegetariana de tipo occidental, a no ser que incluya alimentos enriquecidos en calcio o suplementos¹⁷.

Es de interés señalar que algunas aguas de la red pública y/ o minerales (>150 mg calcio/l) pueden proporcionar calcio de buena biodisponibilidad.

Características y ventajas de la leche y de los derivados lácteos como fuente de calcio

La leche y los derivados lácteos son la principal fuente de calcio de la dieta de los europeos y de los españoles.

Tabla IV
Contenidos de calcio de una selección de alimentos, bebidas y especias. Datos tomados de la base española de datos de composición de alimentos¹⁶

	mg calcio/100g
Queso zamorano	999,52
Queso mahon	714,77
Albahaca	2.113
Tomillo	1.890
Eneldo	1.780
Canela en polvo	1.228
Queso parmesano	1.275
Queso rallado	881
Queso manchego	765
Queso mozzarella	632
Queso fresco burgos	338
Sardina enlatada en aceite escurrida	314
Queso en porciones	276
Almendra cruda	248,25
Chocolate con leche	247
Avellana	226
Col blanca cruda	212
Leche de almendra	200
Tofu	200
Yogur desnatado	183
Espinaca picada congelada cruda	147,33
Yogur líquido tipo actimel	146
Chipirón	144
Alubia blanca seca cruda	138,67
Judías blancas cocidas	126
Leche entera vaca	124
Leche semidesnatada vaca	114
Leche desnatada vaca	112
Petit suisse natural azucarado	120
Acelgas hervidas	107,35
Grelos	98
Borraja	93
Brécol	93
Bebida soja	3

Los productos lácteos se consideran la mejor fuente dietética por el contenido y la biodisponibilidad del calcio que contienen, y ofrecer la ventaja adicional de proporcionar aportes significativos de otros nutrientes, contribuyendo así a la mejora de la calidad nutricional de la dieta. Se acepta que las mejores fuentes dietéticas de calcio son la leche (120 mg/100 g) y los derivados lácteos (pueden contener hasta 1,1g/ 100 g), con una absorbabilidad del 32 %¹⁸.

Tabla V (adaptada de¹⁷)
Se muestran distintas fuentes dietéticas de calcio absorbible

<i>Alimento</i>	<i>Tamaño ración g</i>	<i>Contenido Ca mg</i>	<i>Absorción fraccional</i>	<i>Ca absorbible estimado mg</i>	<i>Equivalencia a 1 ración leche</i>
Leche	240	300	32,1	96,3	1
Alubia pinta	86	44,7	26,7	11,9	8,1
Alubia roja	172	40,5	24,4	9,9	9,7
Alubia blanca	110	113	21,8	24,7	3,9
Brócoli	71	35	61,3	21,5	4,5
Queso cheddar	42	303	32,1	97,2	1,0
Col rizada	85	61	49,3	30,1	3,2
Espinacas	85	115	5,1	5,9	16,3
Boniato	164	44	22,2	9,8	9,8
Tofu con calcio	126	258	31,0	80,0	1,2
Yogur	240	300	32,1	96,3	1,0

El 99% del calcio de la leche de vaca se encuentra en la fracción no lipídica, distribuyéndose entre las fases micelar (≈ 800 mg Ca/l) y acuosa (≈ 400 mg Ca/l). En la fase acuosa el calcio se encuentra libre (Ca^{2+}) y unido a citrato y fosfato inorgánico para formar las correspondientes sales, también se encuentra asociado a las proteínas del suero como la α -lactoalbumina. En la fase micelar el calcio esta unido al fósforo orgánico de los restos fosfoseril de las moléculas de caseína y como fósforo inorgánico¹⁹. El 20% del calcio de la leche está unido a la caseína en forma de coloide orgánico insoluble y el 80% restante en forma mineral (45% en el fosfato tricálcico del fofocaseinato, que también es insoluble y coloidal, y el 35% soluble, incluyendo un 12% como calcio ionizado). El calcio, orgánico o mineral, unido a la caseína se libera rápidamente durante la digestión y se acepta que su biodisponibilidad potencial es elevada. No obstante, excepto los recién nacidos alimentados con leche materna, que pueden absorber prácticamente todo el calcio ingerido, en condiciones dietéticas normales, el porcentaje de calcio absorbido raramente supera el 40%².

Algunas características del calcio de la leche lo diferencian del procedente de otros alimentos o suplementos, lo cual puede ser importante cuando se debe garantizar una absorción elevada de calcio en condiciones fisiológicas desfavorables. Así, por ejemplo, la unión del calcio a los péptidos y proteínas de la leche aumenta la probabilidad de que se mantenga en disolución en condiciones desfavorables de pH como ocurre en la aclorhidria. Además el calcio de la leche puede absorberse en el intestino delgado distal por difusión pasiva (vía paracelular) por influencia de la lactosa y en ausencia de vitamina D. Ello hace que la leche proporcione calcio de absorbabilidad “garantizada” y, en general, poco sensible a factores externos, excepto in-

hibidores como el oxalato cálcico. A ello debe añadirse que los derivados lácteos no tienen compuestos similares a los presentes en los vegetales (fitatos, oxalatos, ácidos úronicos o polifenoles) capaces de inhibir la absorción intestinal de calcio. Señalar también que el efecto hipercalcémico de los sulfatos de las proteínas lácteas es contrarrestado por el efecto hipocalcémico del fósforo. A pesar de la presencia de ácidos grasos saturados de cadena larga y de la falta de lactosa el calcio del queso es fácilmente disponible².

En los EE.UU. más del 50% del calcio de la dieta procede de la leche y sus derivados, señalándose ingestas inadecuadas de calcio en un gran número de niños, que en un elevado porcentaje no ingieren leche ni derivados lácteos (datos de la encuesta NHANES 2001-2002). En un estudio²⁰ se determina la ingesta máxima de calcio que los adolescentes pueden obtener con dietas libres de lácteos y se examina la relación entre el consumo de zumo de frutas enriquecido en calcio y la ingesta máxima de éste. Concluyen que no es posible obtener una ingesta adecuada de calcio con dietas sin lácteos, y que en estas condiciones la dieta debe incorporar alimentos enriquecidos en calcio, junto a una mayor actividad física y exposición a la luz solar para gozar de un buen estado en vitamina D.

Alimentos enriquecidos en calcio

La satisfacción de las necesidades elevadas de calcio de niños y adolescentes, en fase de crecimiento y consolidación ósea puede plantear problemas si la dieta no es adecuada. Lo mismo ocurre en mujeres postmenopáusicas y mayores, quienes a las necesidades elevadas de calcio hay que sumar los cambios fisiológicos que conlleva el envejecimiento (hipoclorhidria, resistencia

intestinal a la vitamina D, deficiencia de estrógenos en mujeres postmenopausicas) que pueden modificar la absorción intestinal de calcio. En estas situaciones los alimentos enriquecidos en calcio y los suplementos constituyen una buena opción²¹.

La Unión Europea autoriza una amplia lista de compuestos de calcio para el enriquecimiento de los alimentos y/o para su uso como suplementos (Anexo II de la Regulación (EC) No 1925/20064 y Anexo II de la Directiva 2002/46/EC5): carbonato, cloruro, citrato, malato, gluconato, glicerofosfato, lactato, hidróxido, óxido, acetato, L-ascorbato, bisglicinato, sales de ácido cítrico, piruvato, sales de ácido ortofosfórico, succinato, L-lisinato, malato, L-pidolato, L-treonato, sulfato¹. Dada la variabilidad de la biodisponibilidad del calcio que proporcionan, es conveniente su evaluación como paso previo a su uso en el enriquecimiento de los alimentos o como suplemento.

Cuando se plantea la necesidad de utilizar o no alimentos enriquecidos en calcio o suplementos, además de seleccionar el compuesto de calcio más adecuado es importante responder a las siguientes cuestiones: ¿Cuál es el estado de absorción de calcio del individuo? ¿Cómo debe suministrarse el suplemento? ¿En qué situaciones son útiles los suplementos de calcio? ¿Cuál será el grado de cumplimiento del paciente? ¿Cuándo se debe evaluar el tratamiento?²².

A modo de ejemplo, a continuación, se mencionan y comentan algunos de los numerosos estudios realizados en relación al enriquecimiento con calcio de los alimentos, y en concreto a la biodisponibilidad del calcio que proporcionan tomando la leche como patrón de referencia.

Para evaluar el interés de las leches enriquecidas en calcio nuestro grupo de trabajo llevo a cabo un estudio *in vitro* de evaluación de la solubilidad, dializabilidad y transporte y captación (retención + transporte) por células Caco-2 como indicadores de la biodisponibilidad del calcio procedente de digeridos intestinales de leche enriquecida en calcio²³. Se obtuvo una correlación lineal significativa ($p < 0,05$) entre la cantidad de calcio soluble adicionado a las células y su captación, y también entre el porcentaje de captación de calcio y el contenido de las muestras analizadas. Las leches enriquecidas en calcio proporcionan mayores valores de solubilidad, diálisis, transporte y captación de calcio ($p < 0,05$) que las no enriquecidas, y en consecuencia la adición de calcio a la leche no sólo aumenta el contenido sino también la biodisponibilidad.

La preocupación por ingestas de calcio insuficientes y cambios en los patrones alimentarios en niños y adolescentes, así como a las recomendaciones de ingestas elevadas de calcio (1.200 mg/ día para los mayores de 51 años)¹² en los mayores obliga a identificar fuentes dietéticas útiles para su satisfacción y a menudo a recurrir a alimentos enriquecidos o suplementos.

A continuación se indican algunos ejemplos de estudios realizados que responden a esta preocupación.

Un equipo de investigación²⁴ diseña un helado enriquecido en calcio, con menor contenido de grasa que los convencionales y compara la biodisponibilidad del calcio que proporcionan tomando como referencia la leche. Para ello realizan un ensayo doble ciego cruzado, aleatorizado, con referencia controlada, en 16 voluntarios sanos (25 a 45 años) reclutados entre la población de los Países Bajos. Aplican la técnica dual de doble isótopo estable para medir la absorción fraccional de calcio procedente de helado con 3% de grasa láctea, helado con 9% de aceite de coco y leche, obteniendo valores del $26 \pm 8\%$, $28 \pm 5\%$, y $31 \pm 9\%$, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas ($P=0,159$) entre sí. En consecuencia la biodisponibilidad del calcio de las formulaciones ensayadas es similar al de la leche.

En otro estudio²⁵ comparan la biodisponibilidad del calcio procedente de: zumo de naranja enriquecido con citrato-malato cálcico, leche descremada y un suplemento de carbonato cálcico³, observando que la supresión postprandial de la hormona paratiroides no difiere de forma significativa entre los tres productos ensayados, lo que sugiere una equivalencia en la biodisponibilidad del calcio procedente de los mismos.

Otro aspecto a considerar es la sustitución de la leche de vaca por bebida de soja, frecuente en las mujeres postmenopáusicas para obtener isoflavonas, que potencialmente pueden aliviar algunos síntomas de la postmenopausia y también para reducir el aporte de grasa animal. No obstante el bajo contenido de calcio de las bebidas de soja (véase la tabla IV) y la presencia de ácido fítico (componente intrínseco de las leguminosas) obliga a enriquecer las bebidas de soja en calcio para no comprometer el estado de las mujeres que las ingieren²⁶.

Asimismo la adición de un compuesto de calcio a un alimento o su uso como suplemento conlleva el estudio de la absorbabilidad del calcio que proporciona. En algunos estudios^{27,28} se ha visto que si bien el carbonato cálcico parece proporcionar un calcio de absorción similar a la del procedente de la leche de vaca, en el fosfato tricálcico es menor. Un aspecto adicional a tener en cuenta es el comportamiento de las sales de calcio en las bebidas a las que se adicionan, así mientras algunas forman suspensiones estables, otras se depositan rápidamente en el fondo del recipiente y requieren una agitación fuerte de la bebida previa al consumo²⁹.

La evaluación de la biodisponibilidad del calcio de alimentos no lácteos con contenidos moderados de calcio es de especial importancia en poblaciones cuya ingesta habitual de calcio es baja. A modo de ejemplo se menciona el estudio de diseño cruzado aleatorizado de comparación de la absorción de calcio procedente de leche y de tempeh (producto tradicional de soja fermentada) en una muestra de 22 mujeres malayas postmenopausicas. Observan que la absorción de calcio del tempeh ($36,9 \pm 10,6\%$) no difiere de forma significativa del procedente de la leche ($34,3 \pm 8,6\%$). Si bien a causa de las diferencias entre los contenidos de ambos alimentos, para obtener la cantidad de calcio absorbido que proporciona un vaso de leche se requieren cuatro raciones de tempeh³⁰.

Consideraciones finales

- Los alimentos y bebidas constituyen la fuente de elección de calcio. Su valor depende del contenido y la biodisponibilidad del calcio, el tamaño habitual de la ración y de los hábitos de consumo.
- Por el contenido de calcio y el tamaño habitual de la ración, la leche y derivados, los frutos secos, los vegetales de hoja verde y las leguminosas, proporcionan aportes adecuados de calcio. Sin embargo, los lácteos constituyen la mejor fuente dietética por la biodisponibilidad del calcio que suministran.
- Los lácteos son los principales contribuyentes al aporte de calcio de los españoles (48%), ofrecen la ventaja adicional de proporcionar cantidades significativas de otros nutrientes, contribuyendo así a la mejora de la calidad nutricional de la dieta. Es difícil obtener las cantidades recomendadas de calcio con dietas libres de lácteos.
- La absorción media de calcio en los adultos se estima en un 25%, depende de la forma química y la solubilidad del calcio que puede verse afectada por la presencia de otros componentes del alimento o de la dieta. La causa principal de cambios en la tasa de absorción y retención de calcio es la ingesta dietética.
- Para algunos grupos de población (niños, adolescentes, personas mayores) puede ser difícil obtener las ingestas recomendadas de calcio a través de la dieta, a menos que utilicen alimentos enriquecidos o suplementos de calcio.
- La variada biodisponibilidad del calcio de los distintos compuestos obliga a su evaluación y el patrón de referencia es siempre la leche.

Referencias

1. EFSA (2012). Scientific Opinion on Tolerable Upper Intake Level of calcium. *EFSA Journal* 2012; 10:2814-16
2. Guéguen L, Pointillart A. The Bioavailability of Dietary Calcium. *J Am Coll Nutr* 2000; 19 (Suppl2): S119-6.
3. Abrams SA, Grusak MA, Stuff J, O'Brien KO. Calcium and magnesium balance in 9-14-y-old children. *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 1172-7.
4. Moser-Veillon PB, Mangels AR, Vieira NE, Yergey AL, Patterson KY, Hill AD et al. Calcium fractional absorption and metabolism assessed using stable isotopes differ between postpartum and never pregnant women. *J Nutr* 2001; 131: 2295-9
5. Heaney RP. Protein and calcium: antagonists or synergists?. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 609-10.
6. SCF/CS/NUT/UPPLEV/64 (2003) Final Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Calcium. Disponible en: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out194_en.pdf
7. Malm OJ. Calcium requirement and adaptation in adult men. *Scand J Clin Lab* 1958; 10(Suppl 36):1-289.
8. Abrams SA. Setting Dietary Reference Intakes with the use of bioavailability data: calcium. *Am J Clin Nutr* 2010; 91:S1474-7.
9. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C (2013). Tablas de composición de alimentos. Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, SA). 16ª edición revisada y ampliada. 2013. ISBN: 978-84-368-2903-7.
10. FESNAD. Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la Población Española. *Act Diet* 2010; 14:196-7.
11. Nordic Nutrition Recommendations (2012). Part 1 Summary, principles and use. 5th edition)
12. IoM (2010). 2 Overview of Calcium." Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. Summary. Disponible en: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=13050&page=1
13. AESAN. Evaluación nutricional de la dieta española. II Micronutrientes Sobre datos de la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética (ENIDE) aesan.msssi.gob.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/estudios_evaluacion_nutricional/Valoracion_nutricional_ENIDE_micronutrientes.pdf
14. IUNA (Irish Universities Nutrition Alliance) (2001). The North/South Ireland Food Consumption Survey – special issue. *Pub Health Nutr* 4: 5(A). disponible en: <http://www.iuna.net/survey2000.htm>
15. ENIDE (2011). Encuesta Nacional Ingesta Dietética Española, 2011 AESAN Disponible en: <http://www.msssi.gob.es/novedades/docs/PresentacionENIDE010311.pdf>.
16. BEDCA- Base de Datos Española de Composición de Alimentos. Disponible en <http://www.bedca.net>
17. Weaver CM, Proulx WR, HeaneyR. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 1999;70(Suppl):S543-8.
18. Weaver C (2001). Calcium. In: Present knowledge in nutrition. Eds Bowman B, Russell R. ILSI Press, Washington, DC, 273-280.
19. Gaucheron F. Milk and Dairy products: A unique micronutrient combination. *J Am Coll Nutr* 2011; 30: S400-9.
20. Gao X, Wilde PE, Lichtenstein AH, Tucker KL. Meeting adequate intake for dietary calcium without dairy foods in adolescents aged 9 to 18 years (National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2002). *J Am Diet Assoc* 2006; 106:1759-65.
21. Miller GD1, Jarvis JK, McBean LD. The importance of meeting calcium needs with foods. *J Am Coll Nutr* 2001; 20(2 Suppl):S168-85.
22. Charles P. Calcium absorption and calcium bioavailability. *J Intern Med* 1992; 231:161-8.
23. Perales S, Barberá R, Lagarda MJ, Farré R. Fortification of milk with calcium: effect on calcium bioavailability and interactions with iron and zinc. *J Agric Food Chem* 2006; 54: 4901-6.
24. van der Hee RM, Miret S, Slettenaar M, Duchateau GS, Rietveld AG, Wilkinson JE et al. Calcium absorption from fortified ice cream formulations compared with calcium absorption from milk. *J Am Diet Assoc* 2009; 109:830-5.
25. Martini L, Wood RJ. Relative bioavailability of calcium-rich dietary sources in the elderly. *Am J Clin Nutr* 2002; 76:1345-50.
26. Messina MJ. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am J Clin Nutr* 1999; 70:439-50.
27. Heaney RP, Dowell MS, Rafferty K, Bierman J. Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 1116-69.
28. Zhao Y, Martin BR, Weaver CM. Calcium bioavailability of calcium carbonate fortified soymilk is equivalent to cow's milk in young women. *J Nutr* 2005; 135:2379-82.
29. Heaney RP, Rafferty K, Bierman J. Not all calcium-fortified beverages are equal. *Nutrition Today* 2005; 40:39-44.
30. Haron H, Shahar S, O'Brien KO, Ismail A, Kamaruddin N, Rahman SA. Absorption of calcium from milk and tempeh consumed by postmenopausal Malay women using the dual stable isotope technique. *Int J Food Sci Nutr* 2010; 61:125-37.