

Metabolismo Mineral Óseo: Calcio, Magnesio, Fósforo y Vitamina D

Francisco Pérez Bravo
INTA
Universidad de Chile

MINERALES

Son sustancias orgánicas necesarias para nuestro crecimiento y desarrollo. Al igual que las vitaminas se requieren en pequeñas cantidades, y a pesar de su baja concentración, su participación en el metabolismo es de gran importancia

- **Macrominerales** (requerimientos mayor a 100mg/día): Calcio, fósforo, potasio, azufre, magnesio, sodio
- **Microminerales u oligoelementos** (requerimientos menor a 20 mg/día): hierro, zinc, selenio, yodo, cobalto, bromo, manganeso



CALCIO:

La leche y los productos lácteos (yogur, quesos, helados) son las fuentes más importantes del calcio de la dieta, seguidos de los cereales y las legumbres, así como los pescados, especialmente de aquéllos, como las sardinas en conserva.



MAGNESIO:

Se encuentra, en concentraciones relativamente elevadas, en los cereales, el pan integral, los plátanos, las patatas, las espinacas y las nueces entre otros frutos secos.



FÓSFORO:

Los alimentos ricos en fósforo son el marisco (especialmente el camarones y gambas), la leche y sus derivados, las patatas, las cebollas, los espárragos, las alcachofas y los plátanos.

FUNCIÓN GENERAL

- **Constituyentes esenciales de huesos y dientes, así como de tejidos blandos**
- **Transmisión de impulsos nerviosos y contracción muscular**
- **Mantenimiento de la actividad osmótica**
- **Equilibrio ácido-base corporal**
- **Constituyentes de enzimas, vitaminas, hormonas y pigmentos**
- **Cofactores y activadores enzimáticos**

REQUERIMIENTOS MINERALES

- Factores que afectan los requerimientos de minerales:

Sexo

Edad

Nivel y forma química de los elementos

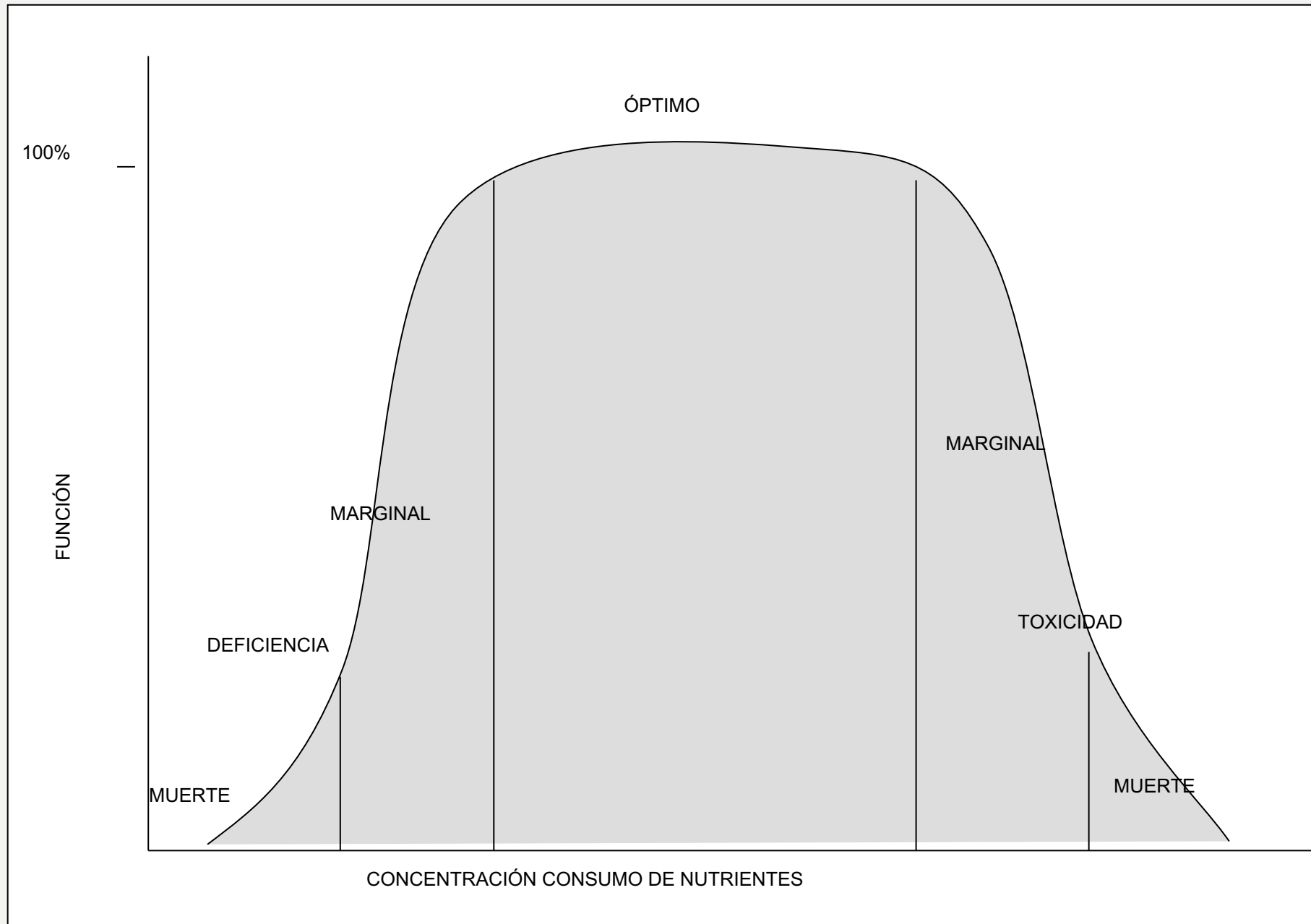
Consumo suplementario del mineral

Etnia

Adaptación metabólica

Biodisponibilidad

Con este término trata de definirse la cantidad que de un mineral puede ser finalmente aprovechada para funciones metabólicas y acopio tisular.



METABOLISMO

- **Absorción y excreción**
 - ✓ Biodisponibilidad
 - ✓ Mecanismos
 - Difusión simple
 - Difusión facilitada
 - Transporte activo
 - ✓ Sitios gastrointestinales de absorción

Interacciones con otros componentes dietéticos

Con compuestos orgánicos

- Sales de Ca y Mg + ácidos grasos saturados de cadena larga
- Agentes quelantes
- Ionóforos
- Fibra
- Fitatos

Control fisiológico de los minerales

Controles homeostáticos

Homeostasis: Mantenimiento del equilibrio fisiológico

Cambios en la absorción - Excreción Urinaria - Cambio en el contenido tisular -

Variaciones en la excreción endógena fecal - Secreción en leche

Homeorresis: Cambios en el metabolismo con el propósito de sostener un nuevo estado fisiológico.

Patologías del metabolismo mineral

Raquitismo – Osteomalacia:

Mineralización defectuosa de la matriz osteoide y cartilago del hueso.

Deficiencia de calcio, fósforo y vitamina D

Crecimiento – Gestación y Lactancia

Fracturas, malformaciones

Osteoporosis:

Pérdida de masa ósea

Disminución del tamaño y resistencia del hueso

Raramente deformidades

Predisposición a fracturas

CALCIO Y FÓSFORO

- Tiene funciones vitales en todos los tejidos del cuerpo
- Representan el 70% del contenido total de minerales
- 99% del Ca y 80% del P se encuentran en los huesos y dientes

Calcio:

- 1% se encuentra distribuido en los tejidos blandos y plasma
- Necesario para:
 - Formación del esqueleto
 - Coagulación sanguínea
 - Acción rítmica del corazón
 - Excitabilidad neuromuscular
 - Activación enzimática y permeabilidad de membranas

...CALCIO Y FÓSFORO

Fósforo:

- 20% del P se encuentra en tejidos blandos
- Necesario para la formación ósea
- Esencial para actividad enzimática
- Utilización de la energía de los alimentos
- Regulación de pH sanguíneo y otros fluidos
- Sistemas enzimáticos y el metabolismo de proteínas

Requerimiento

- Cantidad suministrada
- Forma química del mineral
- Vitamina D
- Relación Ca : P en la dieta (ideal)

MAGNESIO

Función

- Abundante en la mayoría de los alimentos
- Ampliamente distribuido en los tejidos del cuerpo
- 70% del Mg se encuentra en los huesos
- Desarrollo normal e integridad de los huesos y dientes
- Segundo catión en abundancia de los fluidos intracelulares
- Ión esencial para reacciones enzimáticas, activador enzimático
- Participa de la síntesis de proteínas
- Transmisión y actividad neuromuscular

Factores dietéticos que afectan la absorción de Mg: K ($\uparrow$ exc) , Ca, P, Al, Fe, Na, Proteína, grasa, Ácidos orgánicos, carbohidratos, ionóforos, frecuencia de alimentación, amoniaco

Contenidos vitamina D



Aceite Hígado de Bacalao (2300 UI, 1 cucharada)



Jurel (480 UI, 100g)



Salmón (624 UI, 100g)



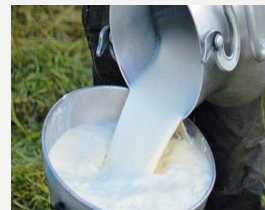
Caviar (232 UI, 100g)



Ostras (269 UI, 6 unidades)



Champiñones (249 UI, 4 hongos)



Leche



Huevos (20 UI, por yema)

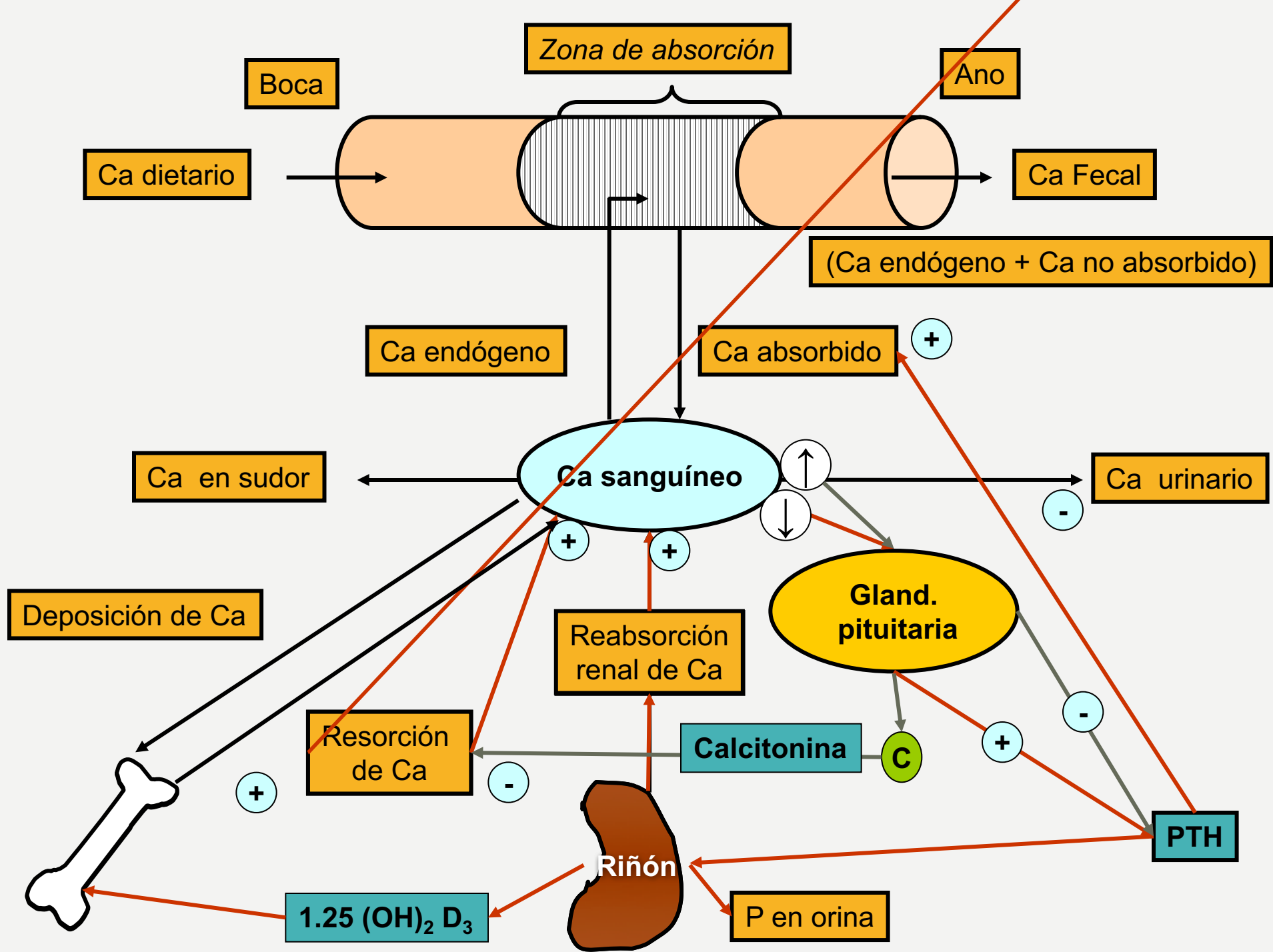


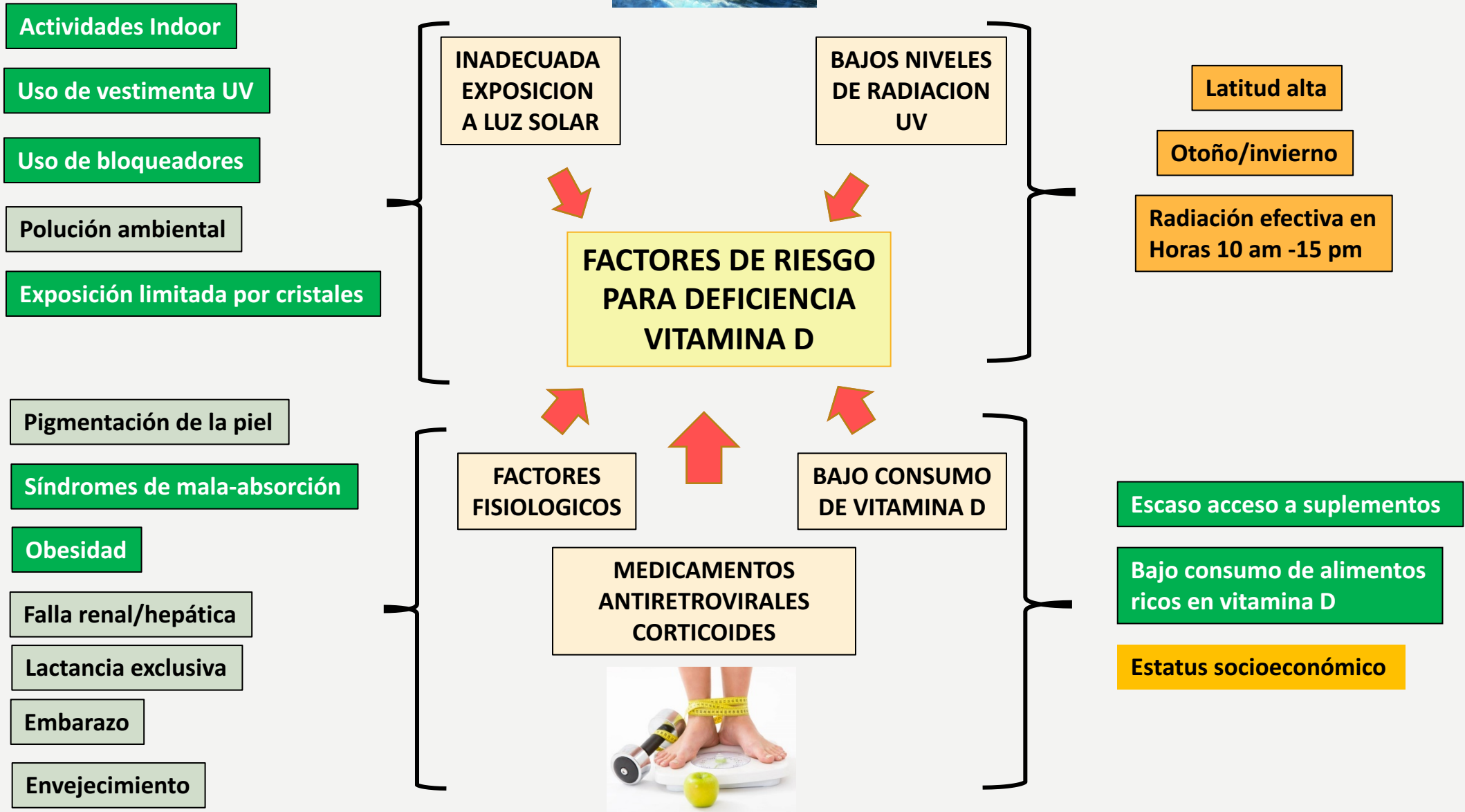
Sardinas (480 UI, 100g)



Atún (1000 UI, 100g)

Vitamina D
(600-800 UI/día)

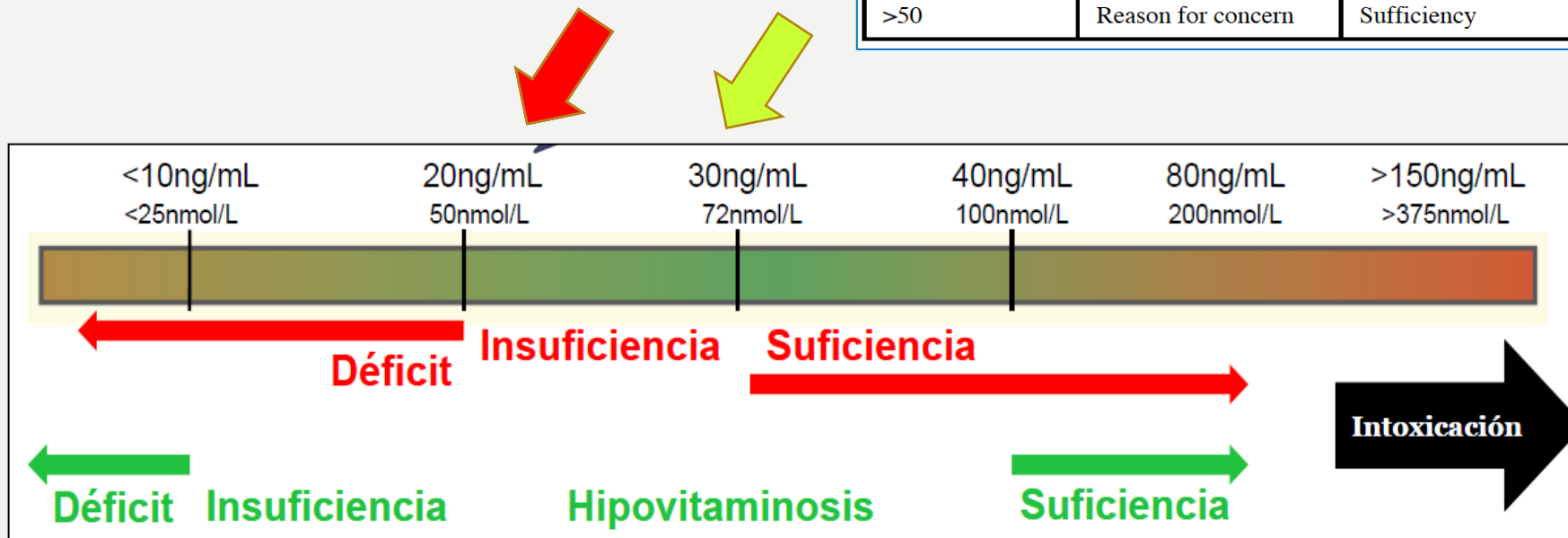




NIVELES SERICOS DE VITAMINA D

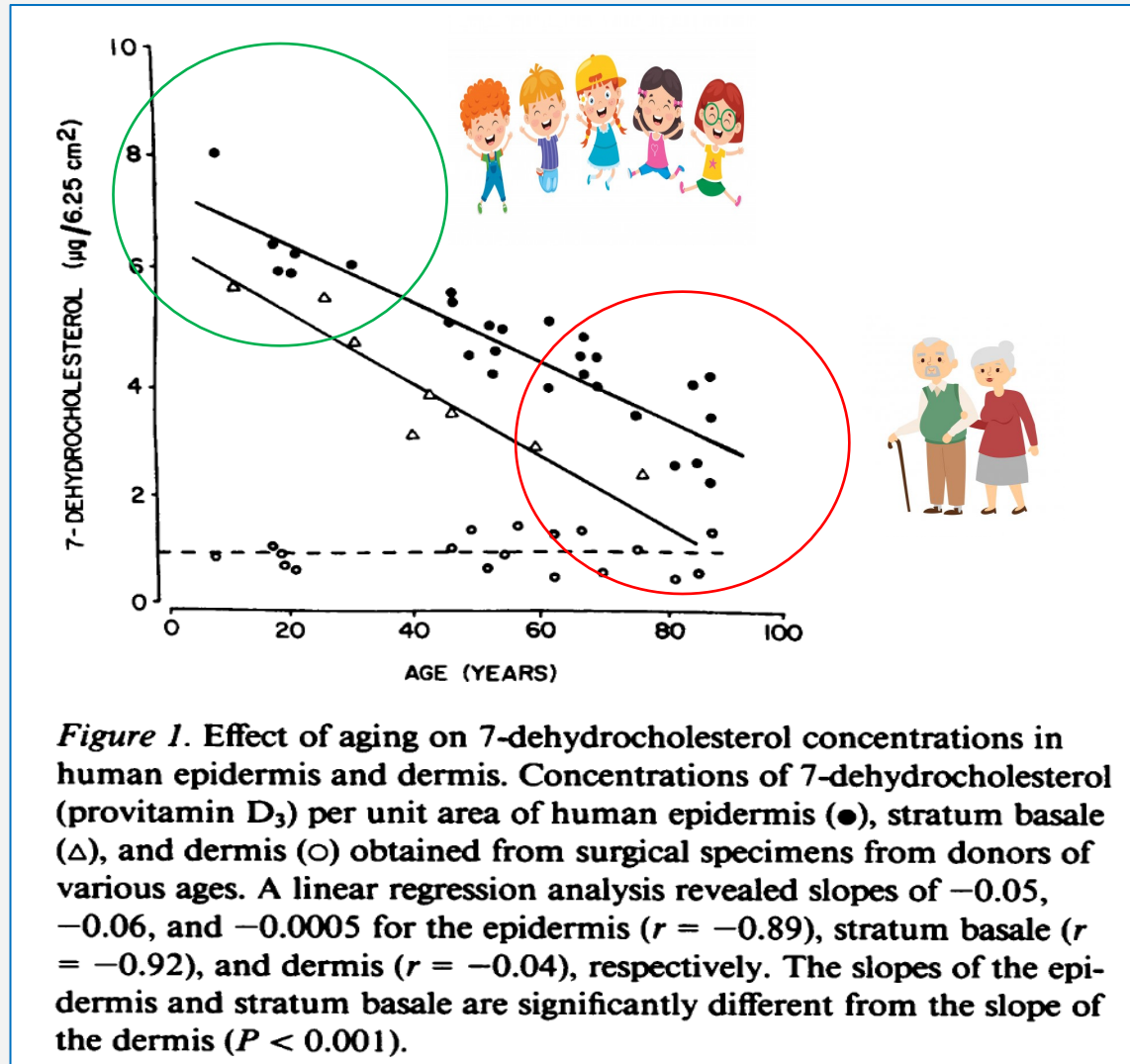
- Suficiencia de Vitamina D: 25(OH) vit D > 30 ng/ml
- Insuficiencia de Vitamina D: 25(OH) vit D 20-29 ng/ml
- Deficiencia de Vitamina D
 - 25(OH) vit D < 19 ng/ml
 - **Leve (10-20ng/ml)**
 - **Moderada (5-10 ng/ml)**
 - **Severa (<5ng/ml)**

Cut-off, ng/mL ¹	Institute of Medicine	Endocrine Society
<12	Deficiency	Deficiency
12 – 19	Inadequacy	Deficiency
20 – 29	Sufficiency	Insufficiency
30 – 49	Sufficiency	Sufficiency
>50	Reason for concern	Sufficiency



Aging Decreases the Capacity of Human Skin to Produce Vitamin D₃

J Clin Invest. 1985;76(4):1536-1538.

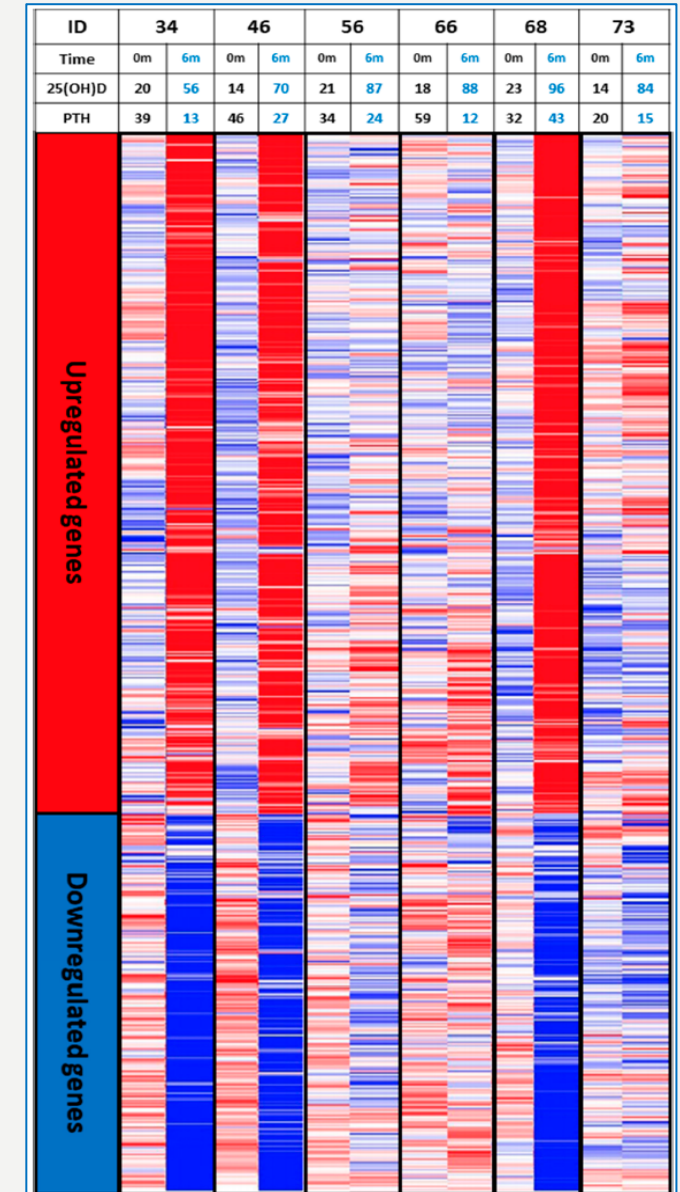
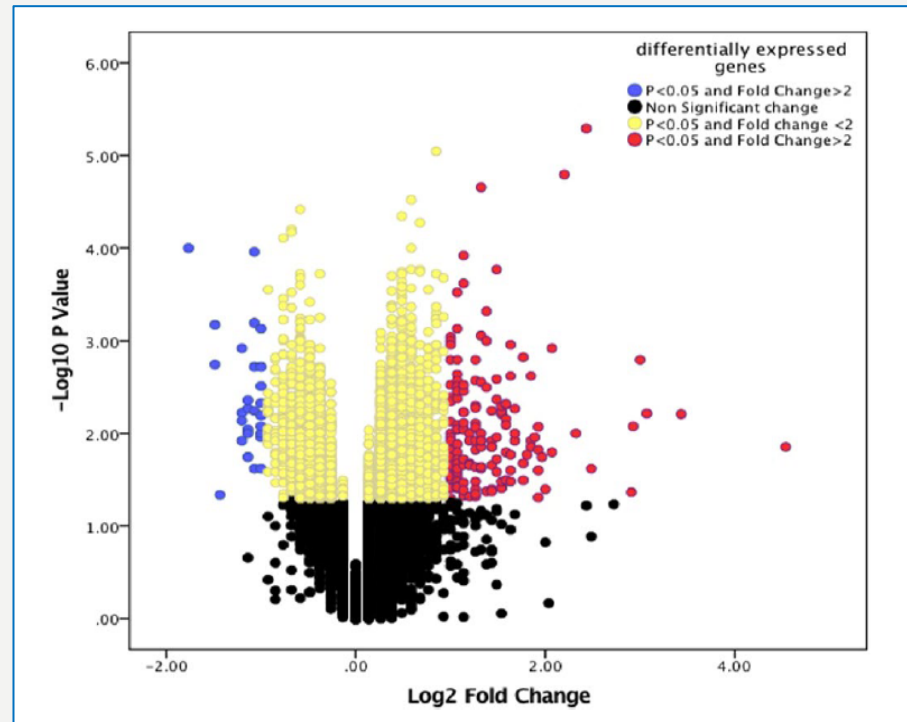
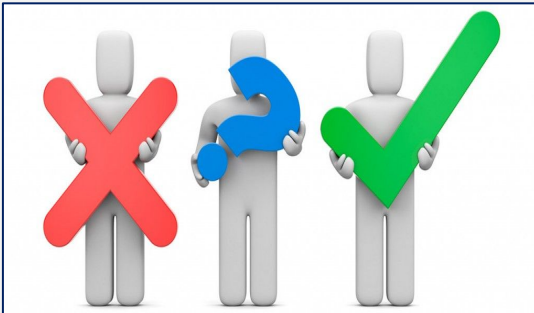


Qué se puede esperar de una suplementación ?

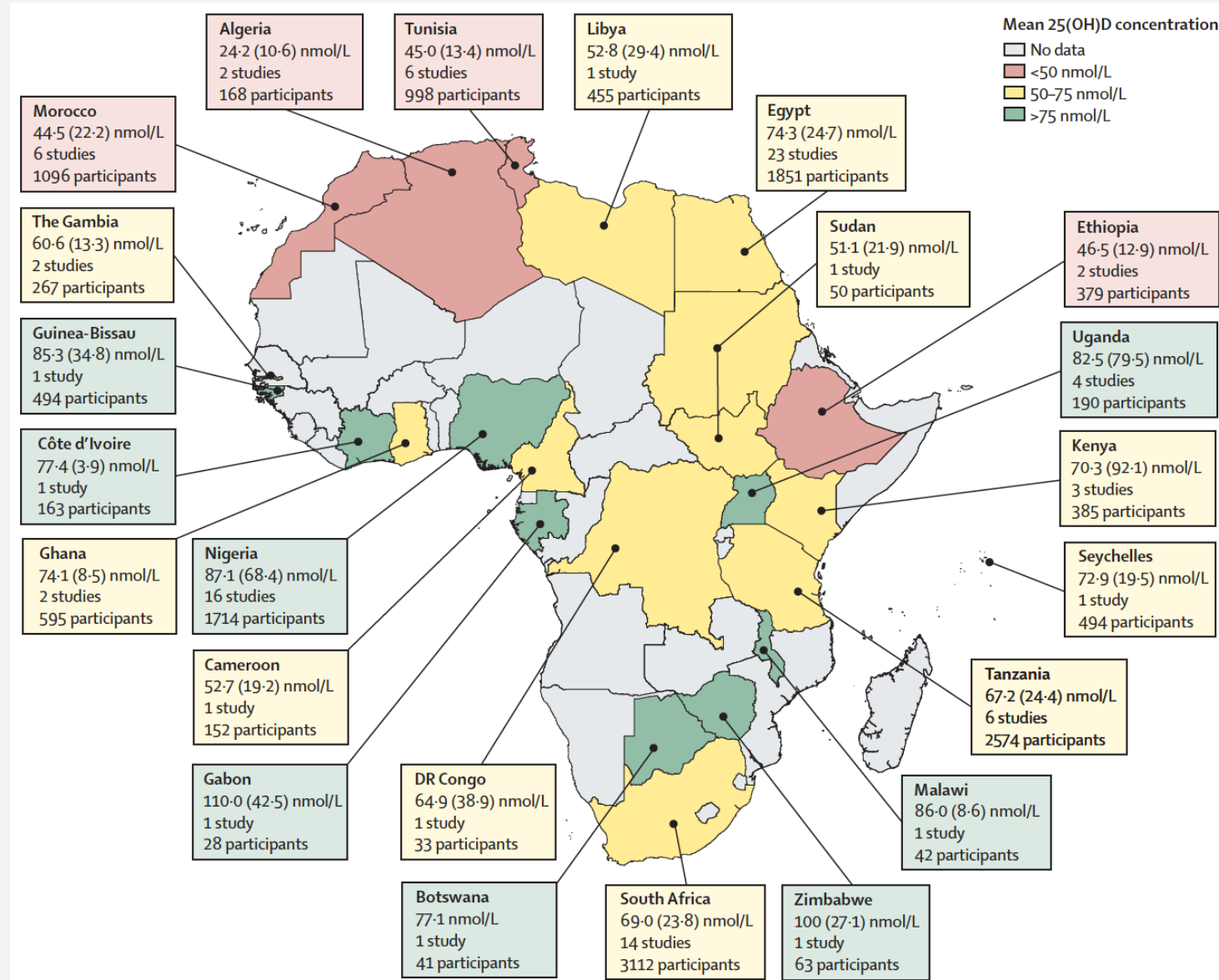
Disassociation of Vitamin D's Calcemic Activity and Non-calcemic Genomic Activity and Individual Responsiveness: A Randomized Controlled Double-Blind Clinical Trial

Arash Shirvani , Tyler Arek Kalajian, Anjeli Song & Michael F. Holick*

SCIENTIFIC REPORTS | (2019) 9:17685

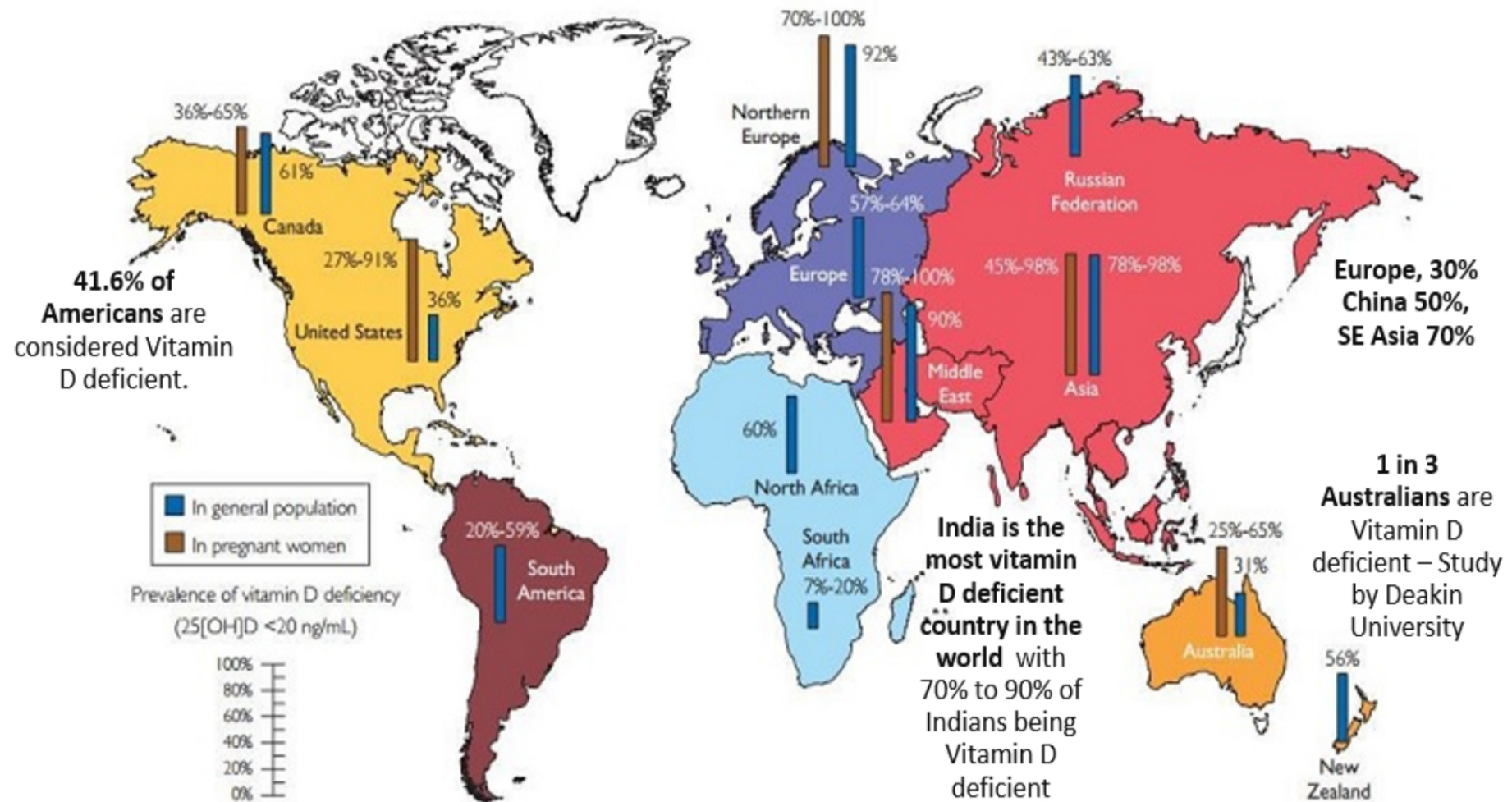


Evidencia Epidemiológica



Evidencia Epidemiológica

Global Rates of Vitamin D Deficiency



NCB | Prevalence and correlates of vitamin D deficiency in US adults. International Osteoporosis Foundation: Vitamin D Status in Europe. China: Wolters-Kluwer journal Medicine
Lips P. Worldwide status of vitamin D nutrition. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2010; 121:297-300. Holick MF. Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. *Am J Clin Nutr.* 2004; 79:362-71.

Evidencia Epidemiológica

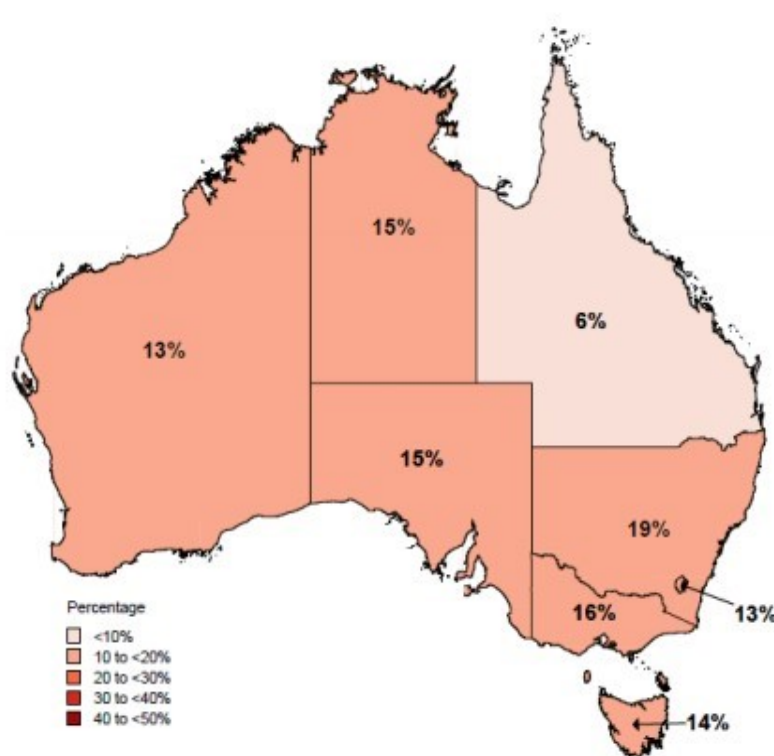
Vitamin D deficiency in Australians

Discover. Prevent. Cure.

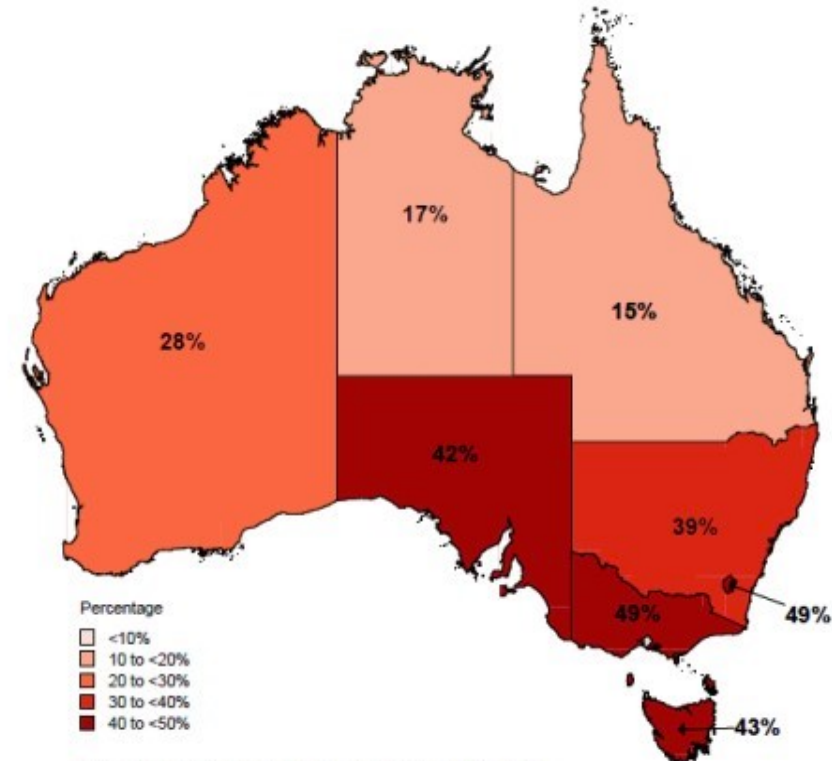
Summer 2011-12

< 20 ng

Winter 2011/12



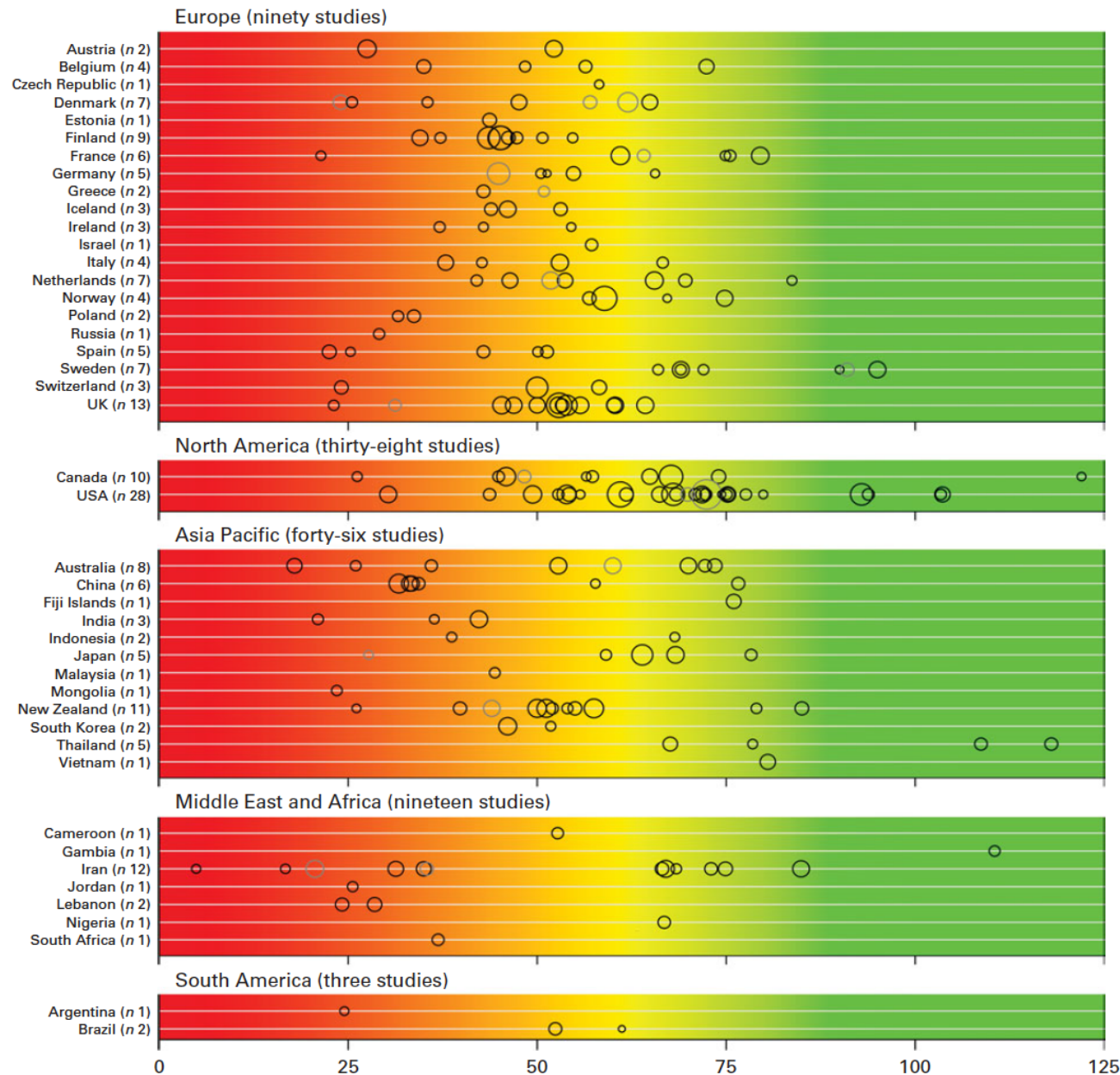
Source: Australian Health Survey: Biomedical Results for Nutrients



Source: Australian Health Survey: Biomedical Results for Nutrients

A systematic review of vitamin D status in populations worldwide

British Journal of Nutrition (2014), **111**, 23–45



Dos nuevos estudios realizados en Chile



Gender differences in the prevalence of vitamin D deficiency in a southern Latin American country: a pilot study

CLIMACTERIC
2020, VOL. 23, NO. 4, 410–416

Table 1. Summary of basal characteristics for the 1329 subjects who attended a preventive health control in the city of Santiago, Chile during the period between January 2016 and December 2017.

Characteristic	Women (n = 668)		Men (n = 661)		p-Value (two-tailed)
Age*					
Mean ± SD	50.0 ± 15.6		53.1 ± 18.2		<0.001 ^b
Body mass index	27.5 ± 4.7		26.9 ± 5.4		<0.09 ^d
Obesity, n (%)	205 (30.7)		189 (28.6)		<0.403 ^c
Workers, n (%)	347 (51.9)		483 (73.1)		<0.001 ^c
Levels of 25(OH)-D					
Mean ± SD	23.3 ± 9.3		20.9 ± 9.5		<0.001 ^a
Season of year	n (%)	25(OH)-D (ng/ml)	n (%)	25(OH)-D (ng/ml)	p-Value (25(OH)-D)
Summer	181 (27.1)	26.7 ± 8.8	170 (25.7)	26.6 ± 9.2	<0.955 ^a
Fall	143 (21.4)	25.5 ± 9.3	136 (20.6)	21.5 ± 9.6	<0.001 ^a
Winter	154 (23.1)	21.0 ± 8.2	168 (25.4)	18.0 ± 8.5	<0.001 ^a
Spring	190 (28.4)	20.2 ± 9.1	187 (28.3)	18.0 ± 8.2	<0.053 ^b

Data are expressed as mean ± standard deviation (SD) and as total numbers and percentage. 25(OH)-D, 25-hydroxyvitamin D.

*Years.

^aStudent's *t*-test assuming equal variance (variance ratio test, $p > 0.05$).

^bStudent's *t*-test assuming unequal variance (variance ratio test, $p < 0.05$).

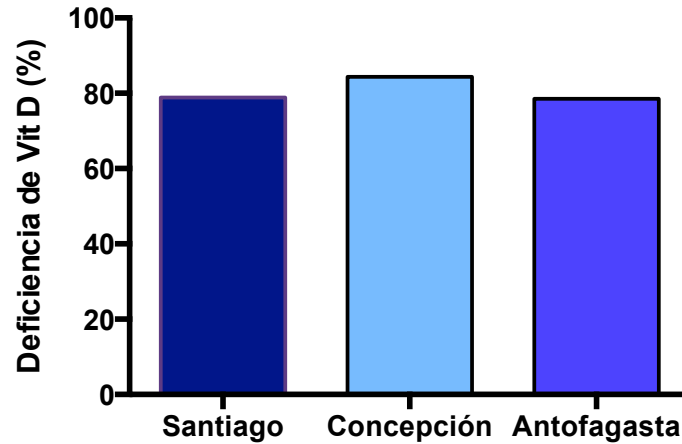
^cPearson's chi-squared test.

^dMann–Whitney *U*-test.

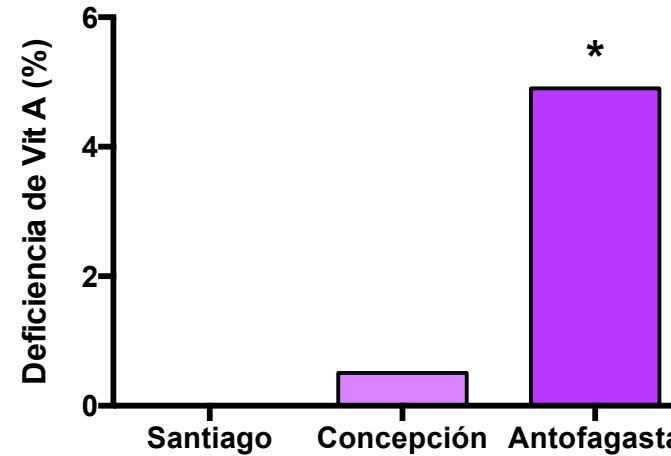
La prevalencia de la deficiencia de Vitamina D aumenta con la edad, de un 36.5% en menores de 40 años hasta un 48.0 % en mayores de 60 años ($p < 0.004$).

DEFICIENCIA DE VITAMINAS EN CADA CIUDAD

Deficiencia Vit D



Deficiencia Vitamina A



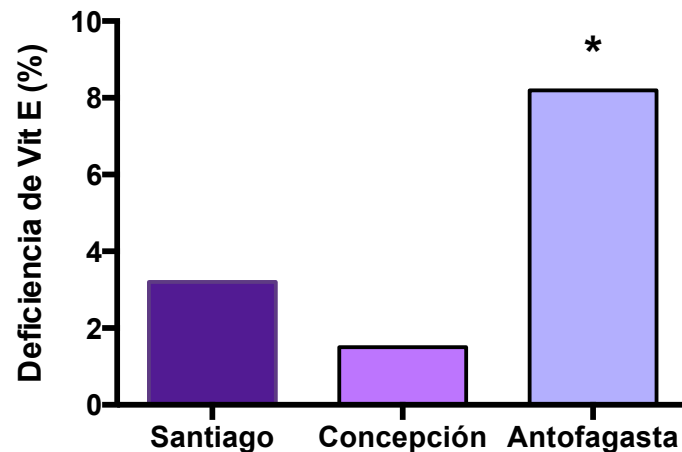
Tamaño muestral:

Santiago: 419

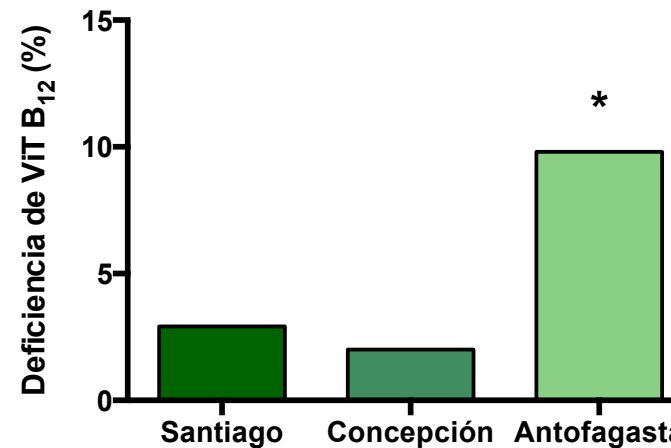
Concepción: 406

Antofagasta: 410

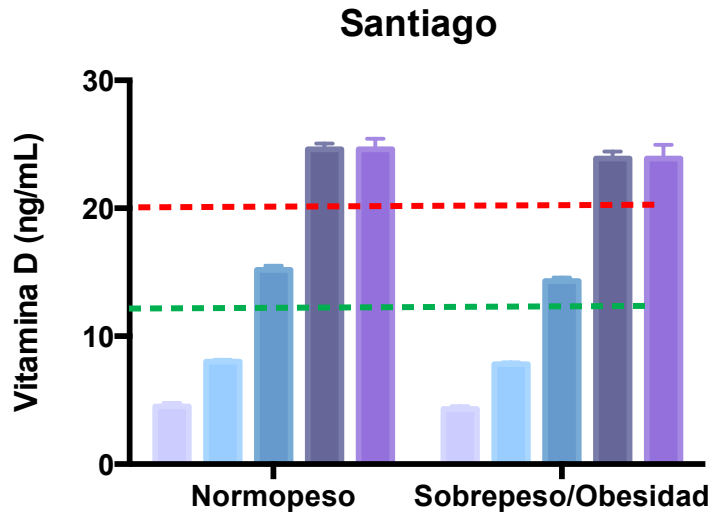
Deficiencia Vitamina E



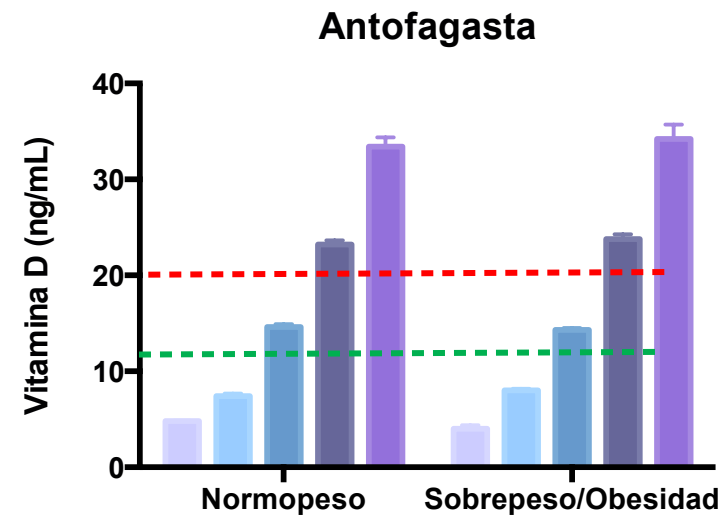
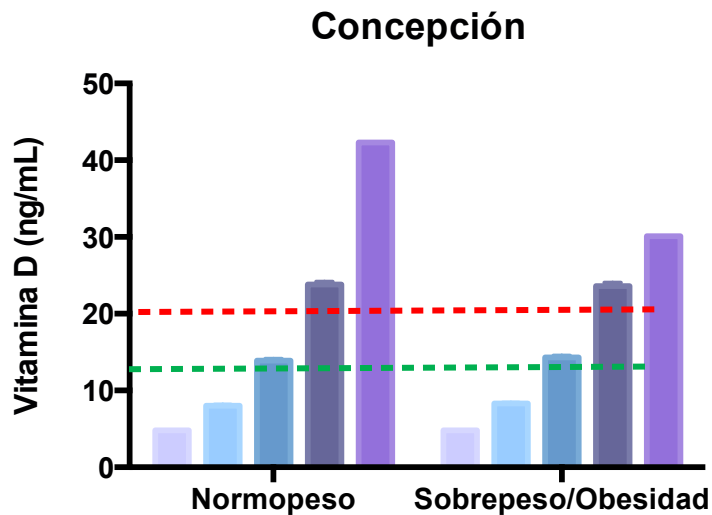
Deficiencia Vitamina B₁₂



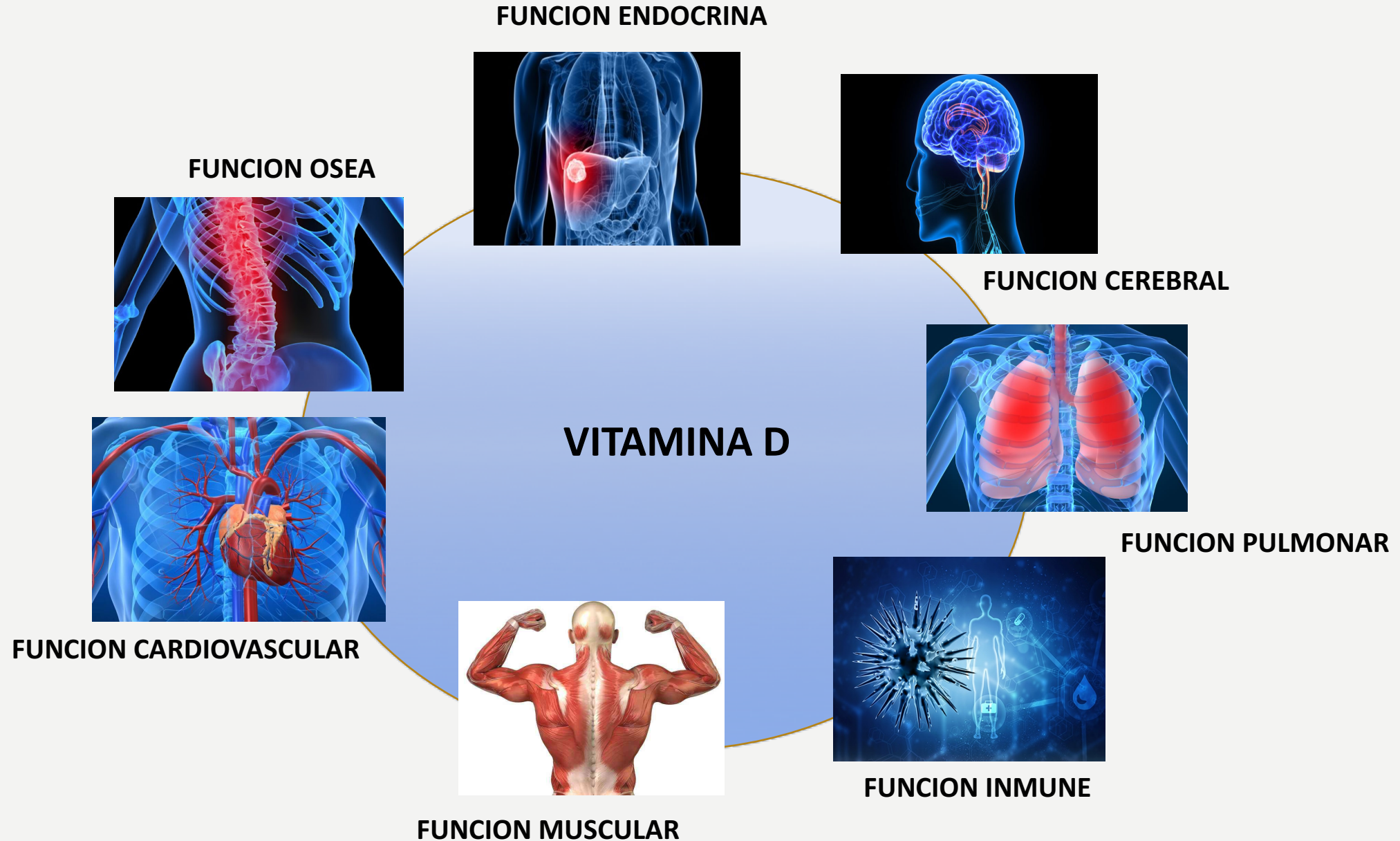
NIVELES SEROLOGICOS DE 25 (OH) VITAMINA D SEGUN ESTADO NUTRICIONAL



- Deficiencia severa (<5 ng/ml)
- Deficiencia moderada (5-10 ng/ml)
- Deficiencia leve (10-20 ng/ml)
- Insuficiencia (20-29 ng/ml)
- Suficiencia (>30 ng/ml)



Qué impactos en salud podría tener Vitamina D ?



Vitamina D y Función Cerebral

Mejor rendimiento escolar

Mayor puntaje CI

Cerebro más rápido
y organizado



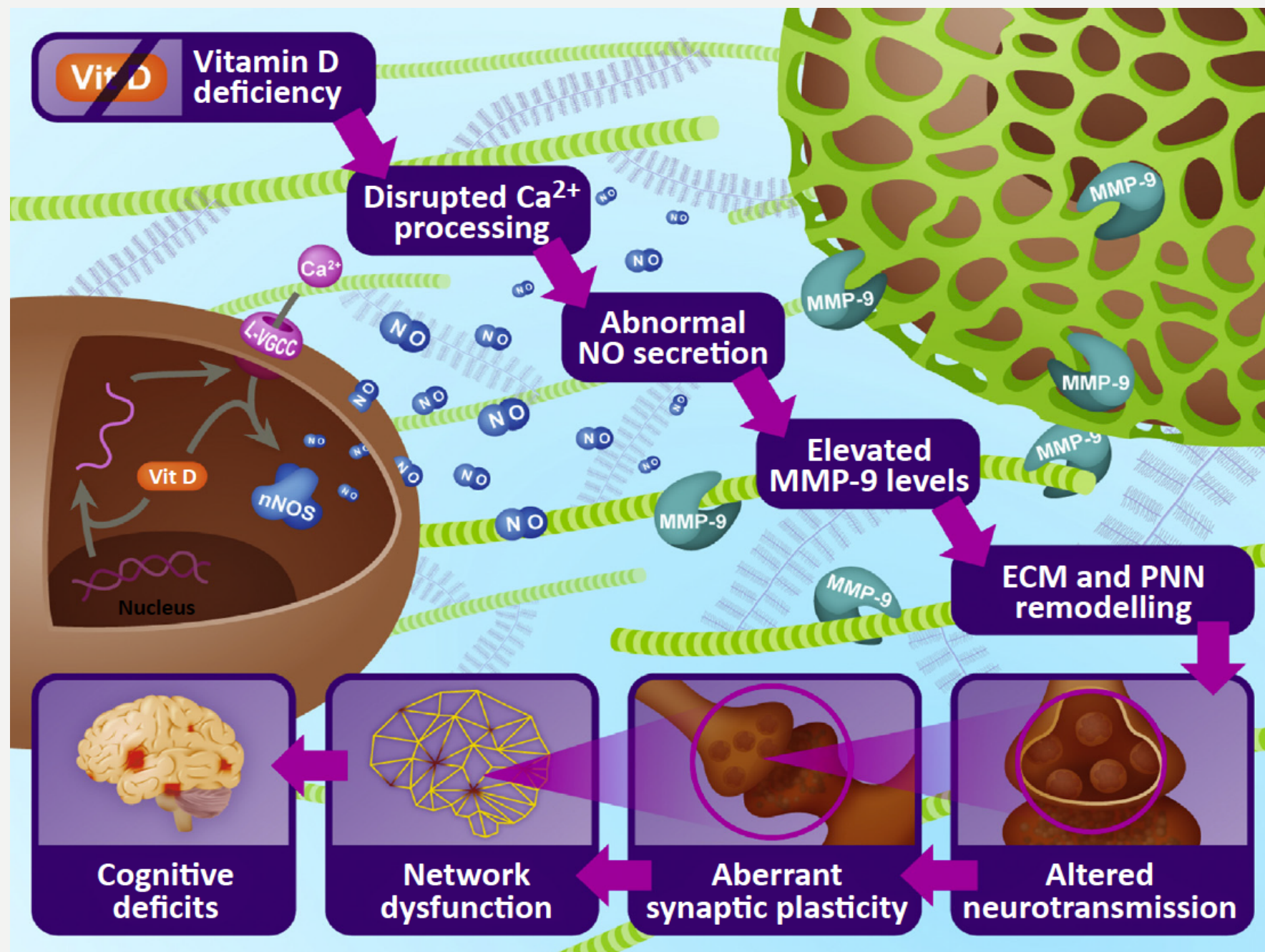
Rapidez en el
desarrollo de lenguaje

Menores alteraciones
conductuales

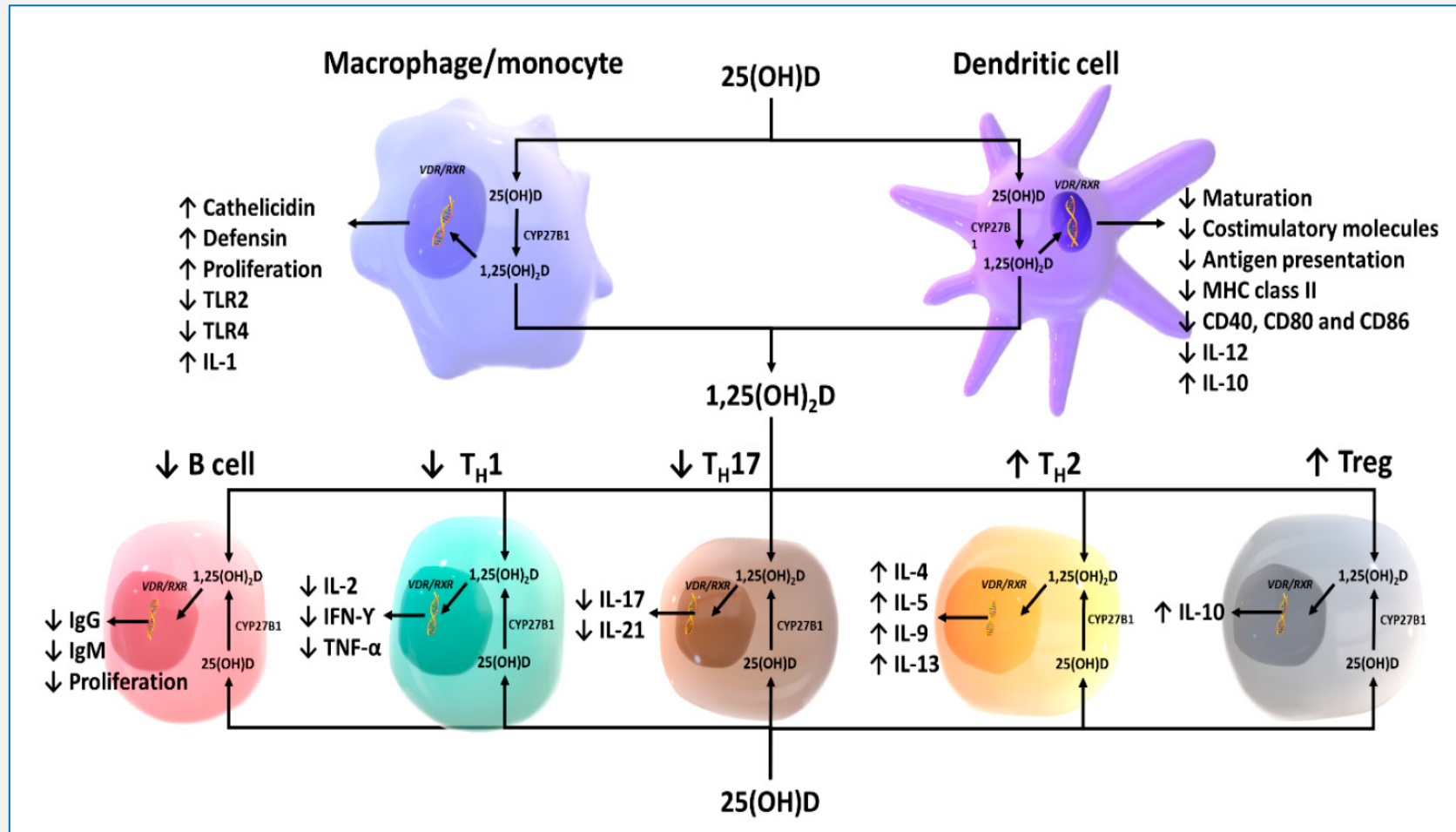
Mejor neuro-conectividad

Peso y talla de nacimiento
saludables

Menores alteraciones
en motricidad fina

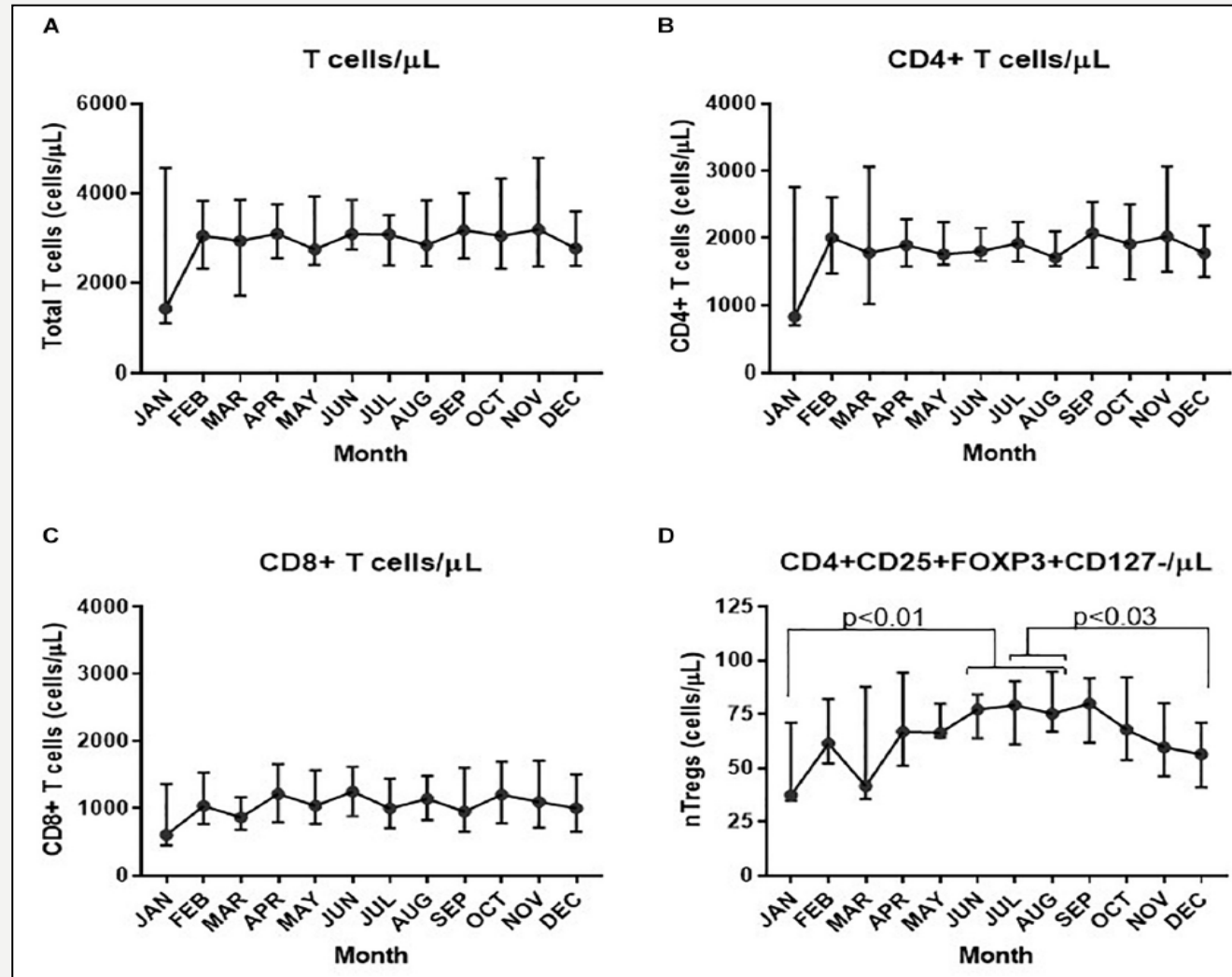


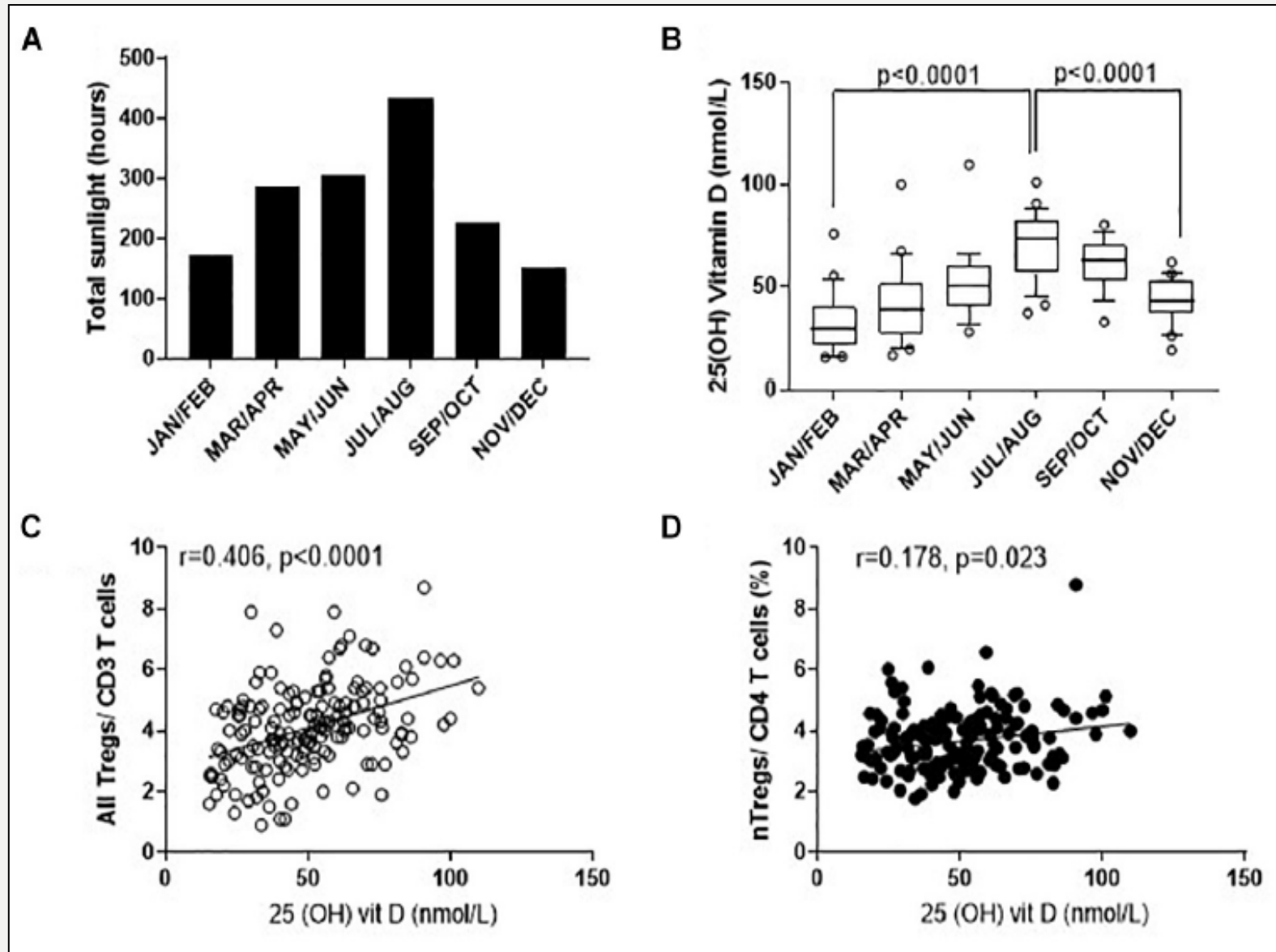
Immunologic Effects of Vitamin D on Human Health and Disease

Nipith Charoenngam^{1,2} and Michael F. Holick^{1,*} *Nutrients* 2020, 12, 2097

The Migratory Properties and Numbers of T Regulatory Cell Subsets in Circulation Are Differentially Influenced by Season and Are Associated With Vitamin D Status

Front. Immunol. 11:685.
doi: 10.3389/fimmu.2020.00685





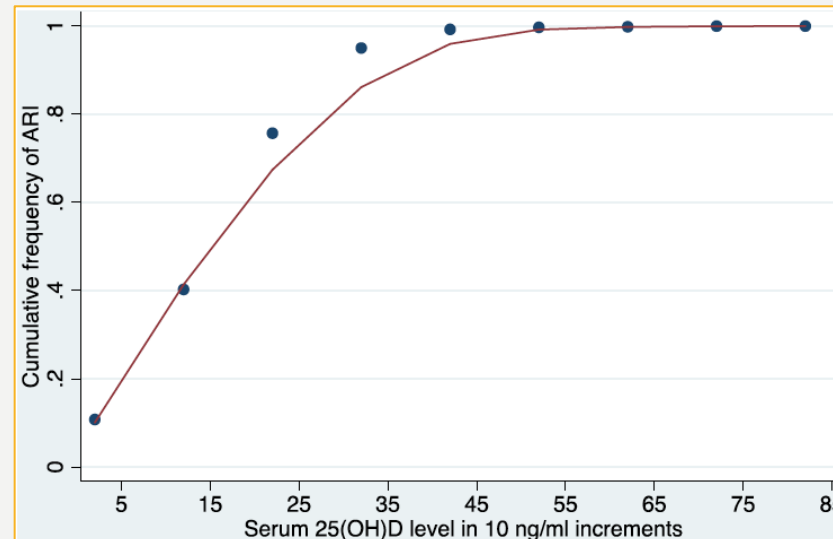
Vitamin D Status and Acute Respiratory Infection: Cross Sectional Results from the United States National Health and Nutrition Examination Survey, 2001–2006

Nutrients **2015**, *7*, 1933–1944;

Table 2. Multivariable model with odds ratios for acute respiratory infection risk factors.

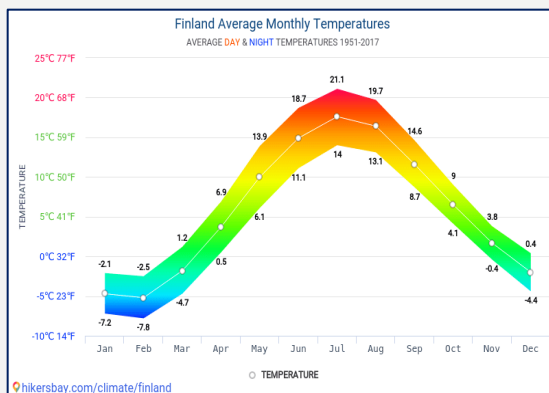
Risk Factor	Odds Ratio (95% Confidence Interval), <i>p</i> -value
25OHD (<30 ng/mL <i>versus</i> ≥30 ng/mL)	1.58 (1.07–2.33), <i>p</i> = 0.023
Low ambient UVB radiation (1 November–30 April)	2.19 (1.69–2.85), <i>p</i> < 0.001
Poverty-to-income ratio (≤FPL <i>versus</i> >FPL)	1.47 (1.10–1.96), <i>p</i> = 0.009
Active smoking	1.39 (1.01–1.91), <i>p</i> = 0.046
Chronic obstructive pulmonary disease	1.94 (1.39–2.72), <i>p</i> < 0.001
Congestive heart failure	1.85 (1.15–2.97), <i>p</i> = 0.012

25OHD = 25-hydroxyvitamin D; UVB = ultraviolet B radiation; FPL = Federal poverty limit.



The positive impact of general vitamin D food fortification policy on vitamin D status in a representative adult Finnish population: evidence from an 11-y follow-up based on standardized 25-hydroxyvitamin D data¹⁻³

Am J Clin Nutr 2017;105:1512-20.



- Finlandia fortifica alimentos desde el año 2003
- Se considera la intervención más exitosa a nivel mundial (2000 versus 2011)
- La vitamina D aumentó en la población general de 19 ng/ml a 26 ng/ml.
- La ingesta media aumentó de 206 UI a una cifra de 500 UI.
- Demostró que es una intervención segura y eficaz.
- A partir del año 2010, en Finlandia duplicaron la recomendación propuesta el año 2003 (ingesta dietaria diaria de 700 UI)
- Se propuso la fortificación masiva de lácteos, margarinas, jugos de frutas y cereales.
- Dentro de los “outcomes” observados luego de 11 años de seguimiento disminuyó el índice de fracturas y la sobrevida de la población.

Comentarios finales

Realidad de los datos

- Existe deficiencia de vitamina D en todos los grupos de edad.
- Es de gran importancia poner atención en niños y en adultos mayores, donde las deficiencias son más marcadas.
- Dada la forma en que se ha comportado la población (alimentación y/o exposición a luz UV) se hace necesario fortificar alimentos.

Qué falta por demostrar ?

- Búsqueda de la mejor matriz para vehicular la fortificación con vitamina D.
- Discutir sobre los límites efectivos de esta fortificación.
- Realizar estudios de biodisponibilidad, no da lo mismo agregar, que buscar eficacia en la intervención.