UNIVERSITAT DE BARCELONA
Facultat de Farmàcia
i Ciències de l'Alimentació

INSA
Institut de Recerca en Nutrició
i Seguretat Alimentària
UNIVERSITAT DE BARCELONA

EXCELENCIA
MARÍA
DE MAEZTU
2023-2026

El cacau: un plaer per al paladar i un aliat per a la salut?

Dra. Malén Massot Cladera
(malen.massot@ub.edu)
Grup d'Autoimmunitat, Immunonutrició i Tolerància
Secció de Fisiologia,
Departament de Bioquímica i Fisiologia
Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

27 Febrer 2025

ÍNDEX

Alegrías = Chocolate
Mal día = Chocolate
Estrés = Chocolate
Celebración = Chocolate
Lunes = Chocolate

La respuesta siempre
es chocolate

GUST: amarga, dolça, afruitada, especiada...

TACTE: cremosa, suau, cruixent...

OLFACTE: torrats, fruita seca, vainilla...

Theobroma cacao

La planta del cacau és un arbust tropical de tronc llis (5-8 m) originari del sotabosc de l'alt Amazones

Olmeca

1700 a.C

Maya

1000 a.C – 1521 d.C

Asteca

1200 d.C – 1521 d.C

1544 d.C

Theobroma cacao

FLAVONOIDES

33%
Fibra

27%
Proteïnes

18%
Hidrats de carboni

11%
Greix

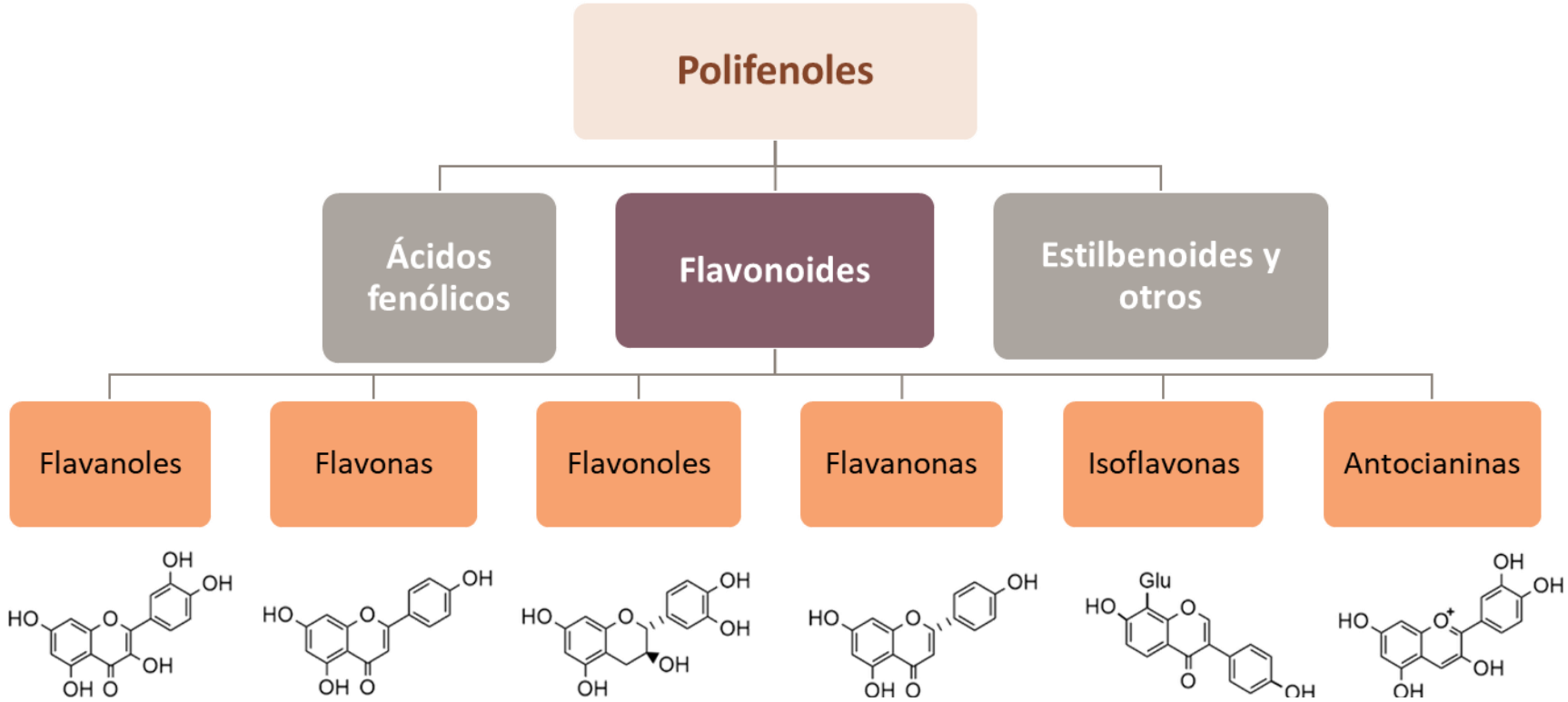
Minerals
(Na, K, P, Fe, Zn, Cu, Mg)

Vitamines
(A, E, B1, B2, B3)

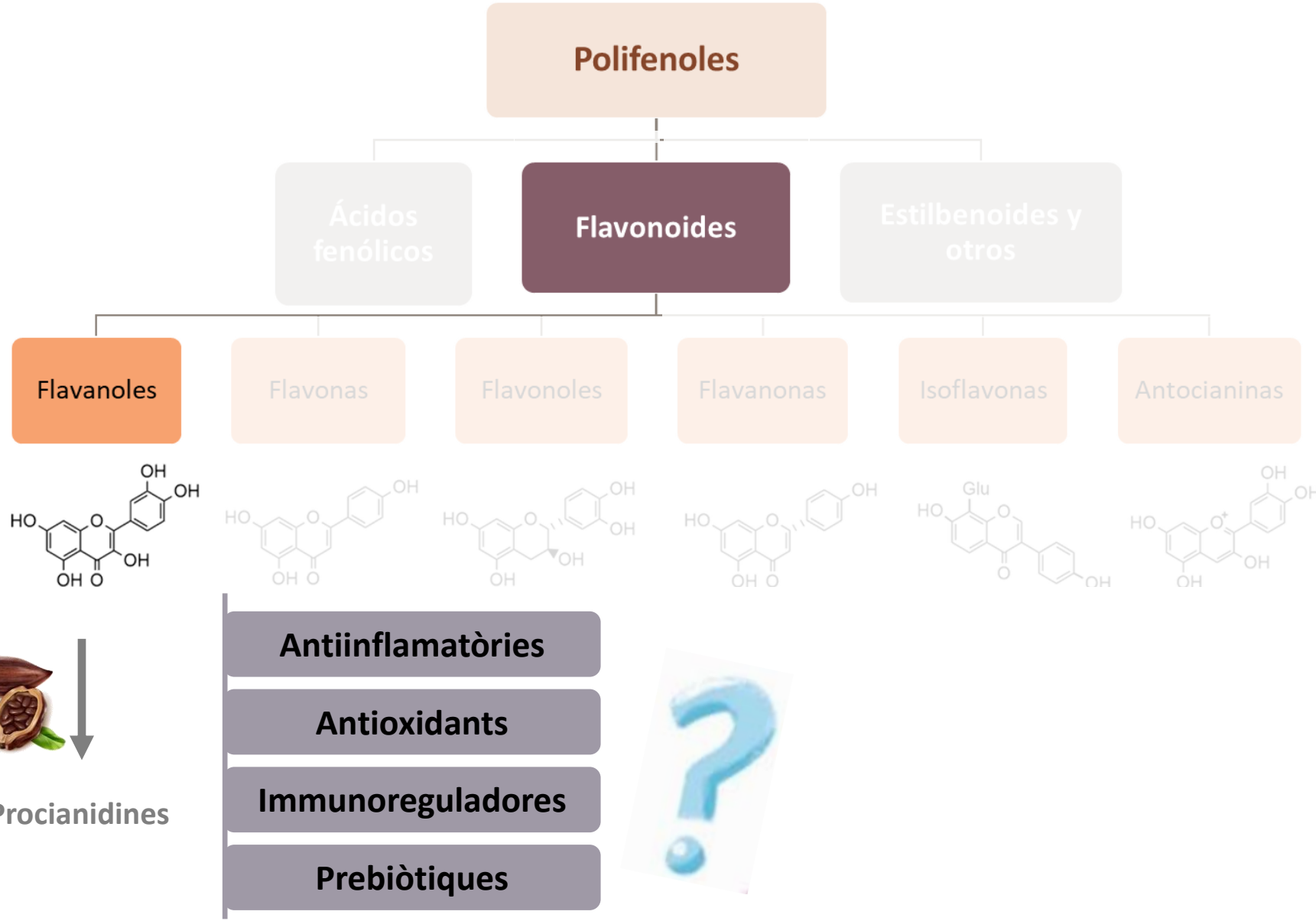
Metilxantines
(Teobromina, Cafeïna, Teofil·lina)

Lecumberri *et al*. *Food Chem* 2007
Meursing *et al.* *Cocoa & Chocolate Manual* 2009

FLAVONOIDES



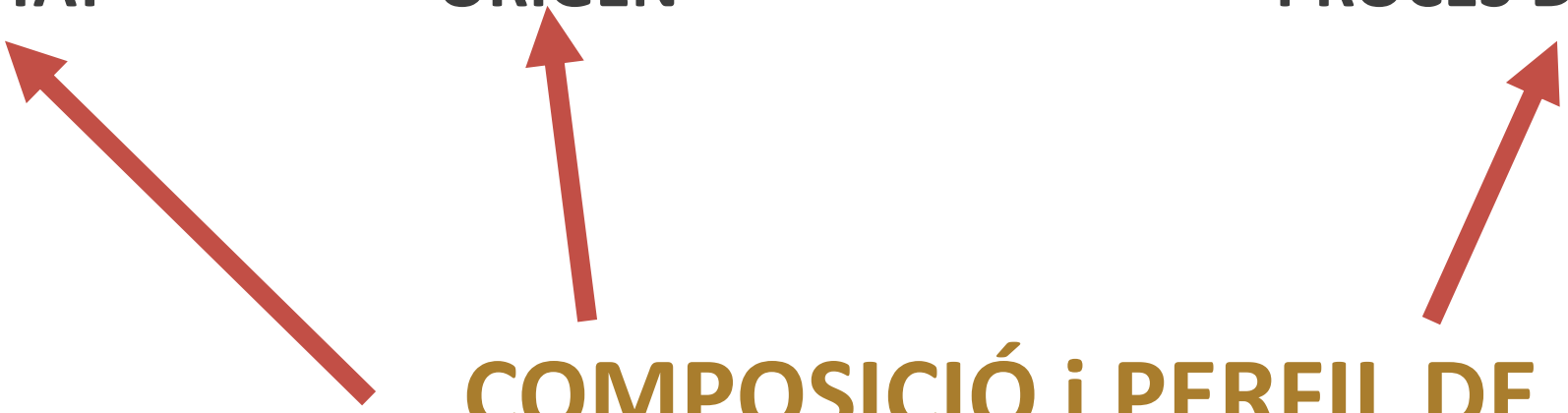
FLAVONOIDES



VARIETAT

ORIGEN

PROCÉS DE PRODUCCIÓ



COMPOSICIÓ i PERFIL DE COMPONENTS BIOACTIUS

VARIETAT

ORIGEN

PROCÉS DE PRODUCCIÓ

Criollo

Forastero

Trinitario

VARIETAT

Criollo

Forastero

Trinitario

ORIGEN

PROCÉS DE PRODUCCIÓ

VARIETAT

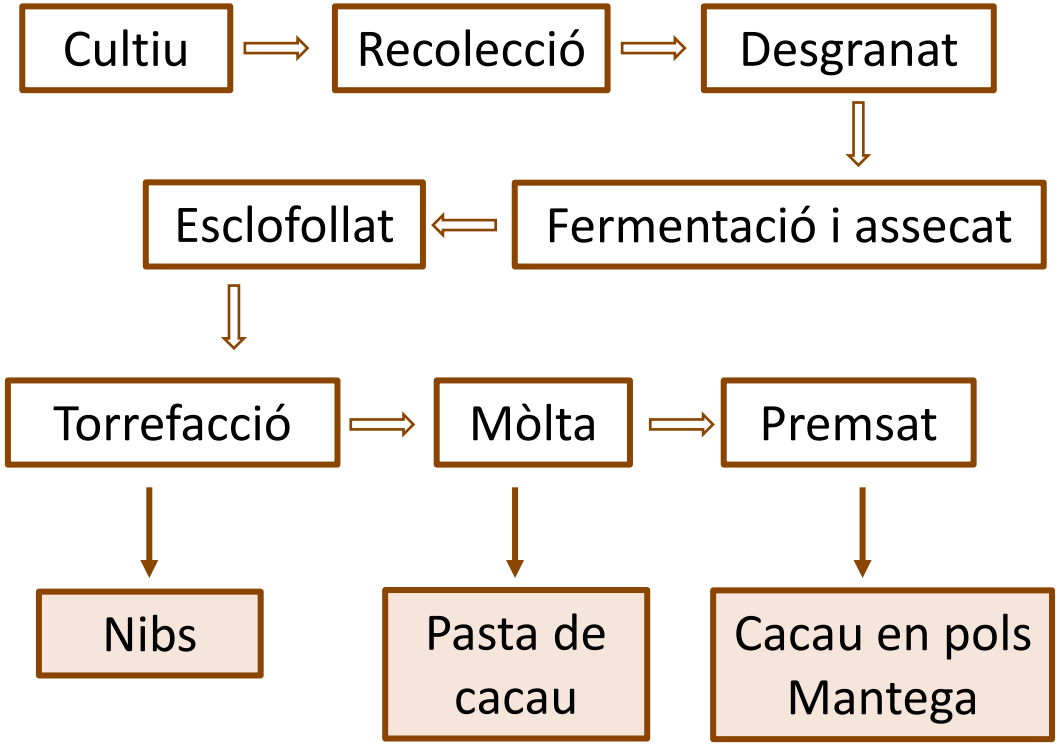
Criollo

Forastero

Trinitario

ORIGEN

PROCÉS DE PRODUCCIÓ



VARIETAT

Criollo

Forastero

Trinitario

ORIGEN

PROCÉS DE PRODUCCIÓ

Fava de cacau

Mantega de cacau

Cacau en pols (desgreixat, pasta)

Xocolata

Xocolata blanca
(20% mantega de cacau)

Xocolata amb llet
(40% pasta de cacau)

Xocolata negra
(>50% mantega i pasta de cacau)

% productes de cacau

% polifenols

TOP 11 DE PAÏSOS MÉS CONSUMIDORS (9/11)

Font: Statista


Nestlé
Nesquik
3kg
Cacao
ColaCao
PALADIN

Molecular Nutrition & Food Research

WILEY-VCH

Molecular Nutrition & Food Research

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

Cardiometabolic Impact of Encapsulated Cocoa Powder and Pure Cocoa Ingredients Supplementation: A Comparative Placebo-Controlled RCT in Adults

Janina Weigant[1,2] | Anuschka Afchar[1] | Meike Barzen[1] | Lisa Dicks[1,2] | Benno F. Zimmermann[3] | Matthias Schmid[4] | Leonie Weinhold[4] | Birgit Stoffel-Wagner[5] | Jörg Ellinger[6] | Peter Stehle[7] | Sabine Ellinger[1,2]

Food and Chemical Toxicology 151 (2021) 112121

Contents lists available at ScienceDirect

Food and Chemical Toxicology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchemtox

Review

Impact of cocoa flavanols on human health

María Ángeles Martin [a,b], Sonia Ramos [a,*]

antioxidants MDPI

Article

Assessing the Impact of (Poly)phenol-Rich Foods on Cardiometabolic Risk in Postmenopausal Women: A Dietary Trial

Lorena Sánchez-Martínez [1,2], Rocío González-Barrio [1,2,*,†], Javier García-Alonso [1,2], Pedro Mena [3,4] and María-Jesús Periago [1,*,†]

nutrients MDPI

Review

Effect of Cocoa and Cocoa Products on Cognitive Performance in Young Adults

María Angeles Martín, Luis Goya and Sonia de Pascual-Teresa *

diseases

Review

The Cardiovascular Effects of Cocoa Polyphenols—An Overview

Ana Clara Aprotosoaie [1,*], Anca Miron [1], Adriana Trifan [1], Vlad Simon Luca [1] and Irina-Iuliana Costache [2]

frontiers in Nutrition

MINI REVIEW
published: 16 May 2017
doi: 10.3389/fnut.2017.00019

Enhancing Human Cognition with Cocoa Flavonoids

*Valentina Socci[1], Daniela Tempesta[1], Giovambattista Desider[2], Luigi De Gennaro[3] and Michele Ferrara[1]**

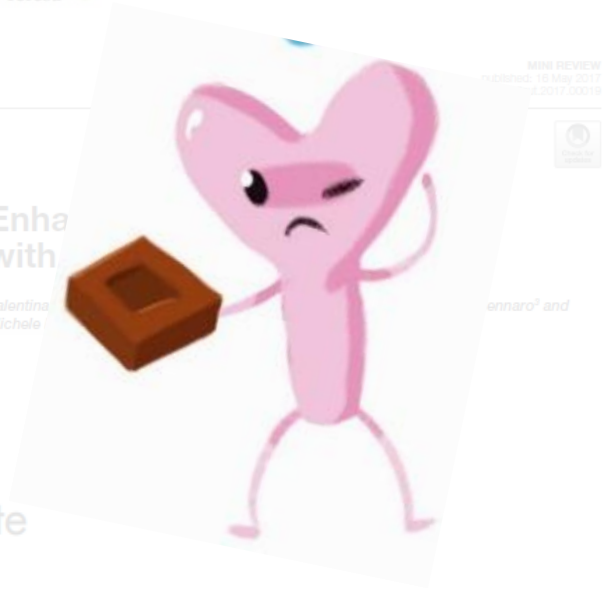
IMR Press

REVIEW

The cardiovascular effects of chocolate

Jose P. Garcia[1], Adrian Santana[2], Diego Lugo Baruqui[3] and Nicholas Suraci[4,*]

Quins efectes té el cacau sobre el sistema immunitari?



Grup Autoimmunitat, Immunonutrició i Tolerància
Secció de Fisiologia
Departament de Bioquímica i Fisiologia
Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

COL·LABORADORS:

NUTREXPA

Cola Cao

idilia FOODS

htba HealthTech BioActives

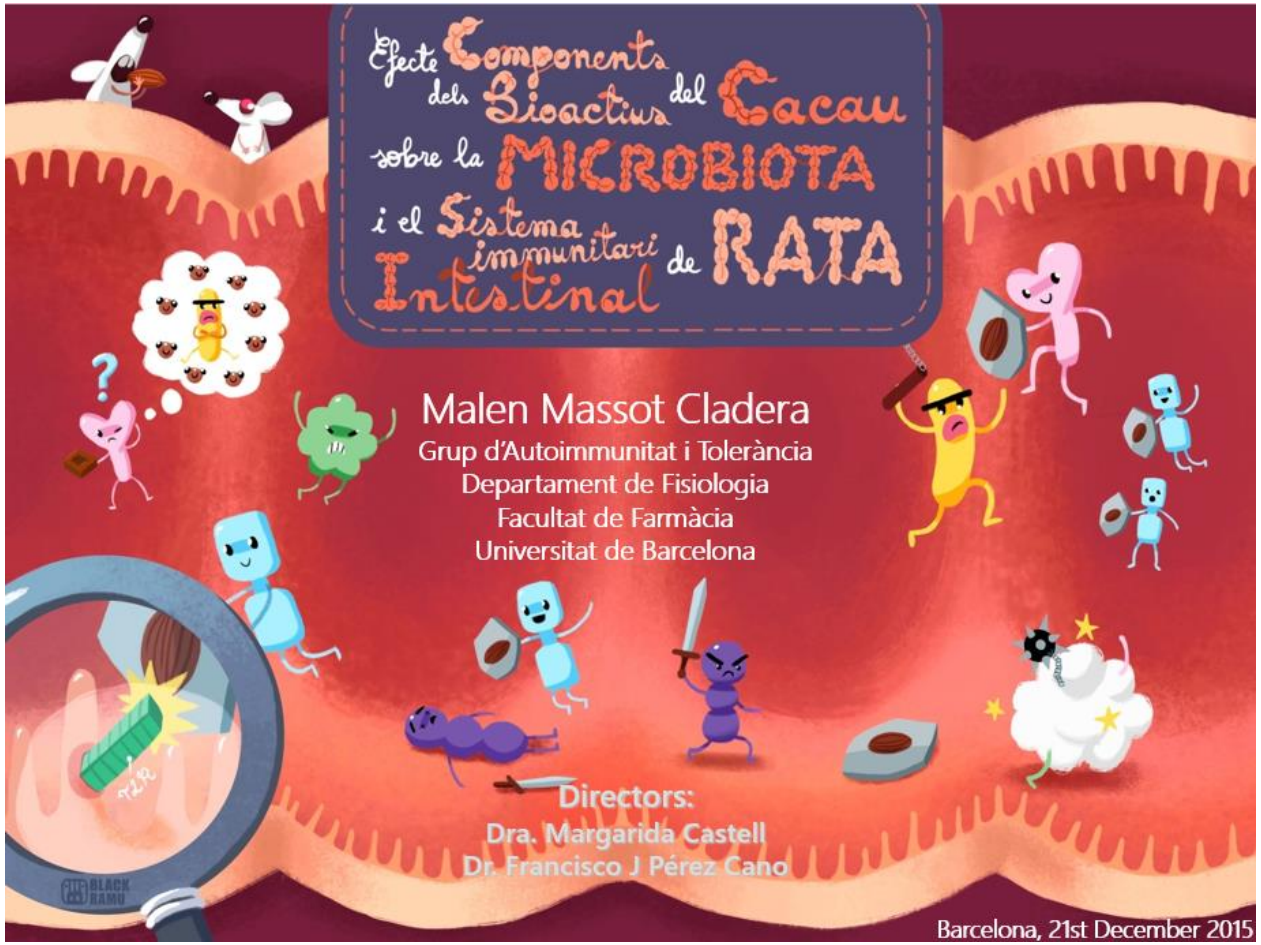
Universitat de Barcelona – Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

INSA Institut de Recerca en Nutrició i Seguretat Alimentària – Universitat de Barcelona

Excelencia María de Maeztu 2023-2026

Científica Universidad Científica del Sur

Universidad San Ignacio de Loyola



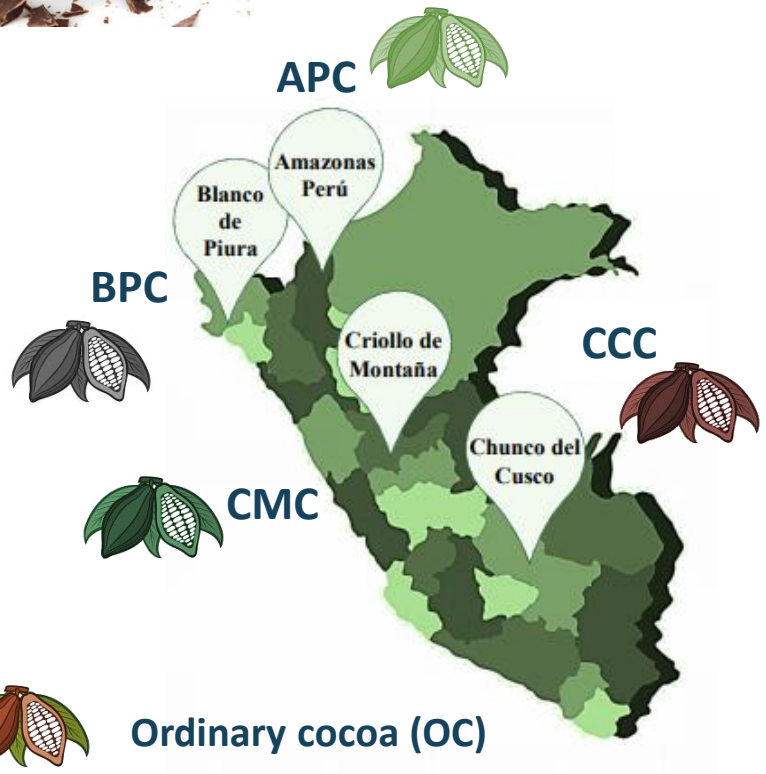
Grup Autoimmunitat, Immunonutrició i Tolerància
Secció de Fisiologia
Departament de Bioquímica i Fisiologia
Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

"Efecte dels components bioactius del cacau sobre la microbiota i el sistema immunitari intestinal de rata"
2012-2015

Universitat de Barcelona
Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació
INSA Institut de Recerca en Nutrició i Seguretat Alimentària
UNIVERSITAT DE BARCELONA
EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU 2023-2026

"Actividad antiasmática y antiinflamatoria del Cacao (*Theobroma cacao* L.) como adyuvante en el tratamiento del asma bronquial: evaluación in vitro e in vivo de compuestos bioactivos de 4 variedades de cacao peruano"

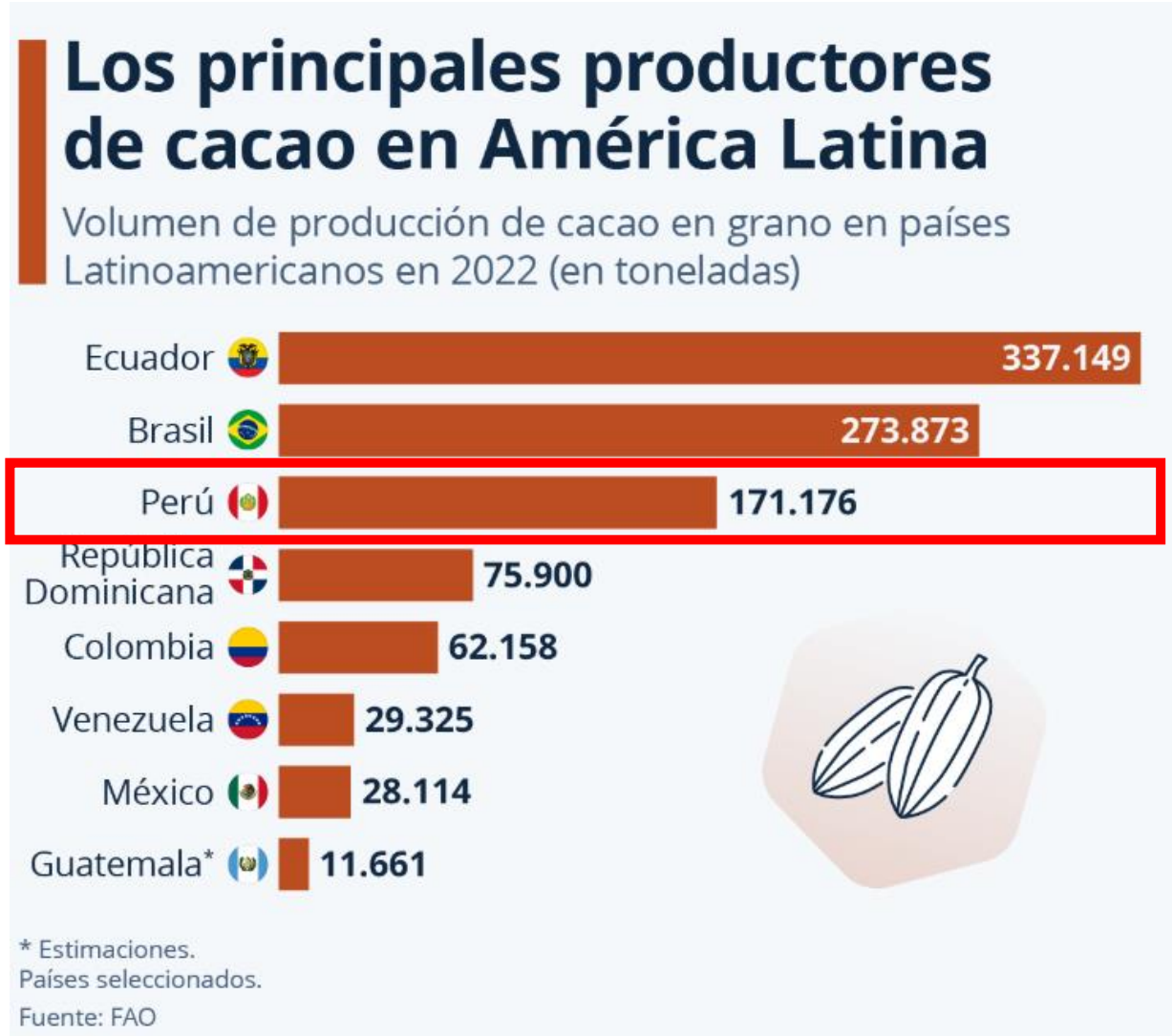
Peruvian cocoa populations



CONCYTEC
FONDECYT
FONDO NACIONAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

http://indcresa.com/es/organizacion/

“Actividad antiasmática y antiinflamatoria del Cacao (*Theobroma cacao* L.) como adyuvante en el tratamiento del asma bronquial: evaluación in vitro e in vivo de compuestos bioactivos de 4 variedades de cacao peruano”



gob.pe

Hospital Nacional Arzobispo Loayza

Día Mundial del Asma: Alrededor de 1 millón de personas viven con asma en el Perú

Nota de prensa

Fotos: Hospital Loayza

Oficina de Comunicaciones
7 de mayo de 2024 - 3:33 p. m.

Antiinflamatòries

Antioxidants

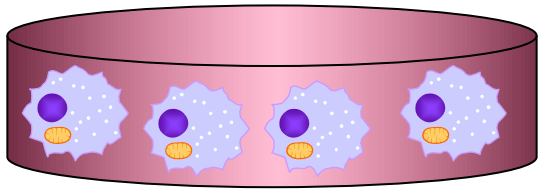
	OC	BPC	APC	CMC	CCC
CONTINGUT COMPOSTOS BIOACTIUS					
Total phenolics (mg gallic acid equivalents/g)	24.11 ± 1.15 ^{ab}	21.07 ± 0.98 ^{a}	28.69 ± 0.80 ^{c}	30.44 ± 0.56 ^{d} ↑	25.30 ± 0.38 ^{b}
Total flavonoids (mg catechin equivalents/g)	34.82 ± 1.01 ^{a}	36.59 ± 0.98 ^{a}	50.35 ± 0.95 ^{b}	56.62 ± 1.12 ^{c} ↑	45.60 ± 1.26 ^{d}
Theobromine (mg/100 g)	560.75 ± 0.45 ^{a}	491.39 ± 0.93 ^{b}	564.71 ± 0.37 ^{a}	604.19 ± 0.28 ^{d} ↑	573.36 ± 0.30 ^{e}
Theophylline (mg/100 g)	1.41 ± 0.00 ^{a}	1.37 ± 0.00 ^{b}	1.40 ± 0.00 ^{c}	1.39 ± 0.00 ^{d}	1.54 ± 0.00 ^{e}
Caffeine (mg/100 g)	236.35 ± 0.06 ^{a}	280.74 ± 0.56 ^{b}	275.10 ± 0.11^{c}	360.53 ± 0.27 ^{d} ↑	324.55 ± 0.15 ^{e}
ACTIVITAT ANTIOXIDANT					
FRAP activity (μmol Fe^{2+}/g)	275.29 ± 12.28 ^{ab}	261.39 ± 14.15 ^{a}	344.31 ± 11.80 ^{c} ↑	309.55 ± 6.7 ^{b}	308.32 ± 4.79 ^{b}
DPPH activity (μg TEAC/g)	25.36 ± 0.24 ^{ab}	19.62 ± 0.38 ^{c}	29.77 ± 0.70 ^{a} ↑	25.38 ± 0.94 ^{bd}	24.39 ± 0.07 ^{d}

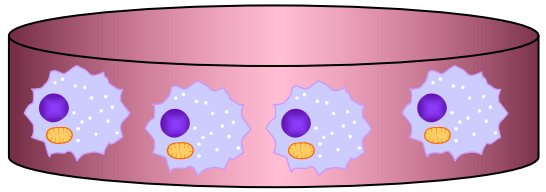
Periz *et al.* (2020) Nutrients 12:2301

Antiinflamatòries

Antioxidants

Macrophages





10^6 cells/mL
37 ºC, overnight

10^5 cells/mL
37 ºC, overnight

10 µg/mL cocoa
2 h

10 µg/mL cocoa
2 h

Estímul
(LPS - 6 h)

POLARIZATION
(M1, M2)

ROS

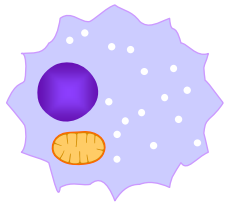
M1: Pro-inflammatory MOs
M2: Anti-inflammatory MOs

Periz *et al*. (2020) Nutrients 12:2301

Antiinflamatòries

Antioxidants

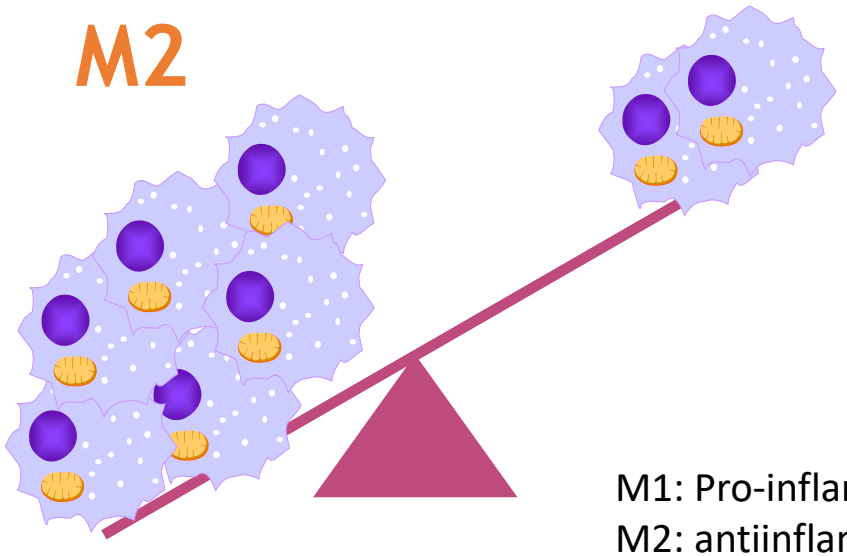
IN VITRO EFFECT



Periz *et al*. (2020) Nutrients 12:2301

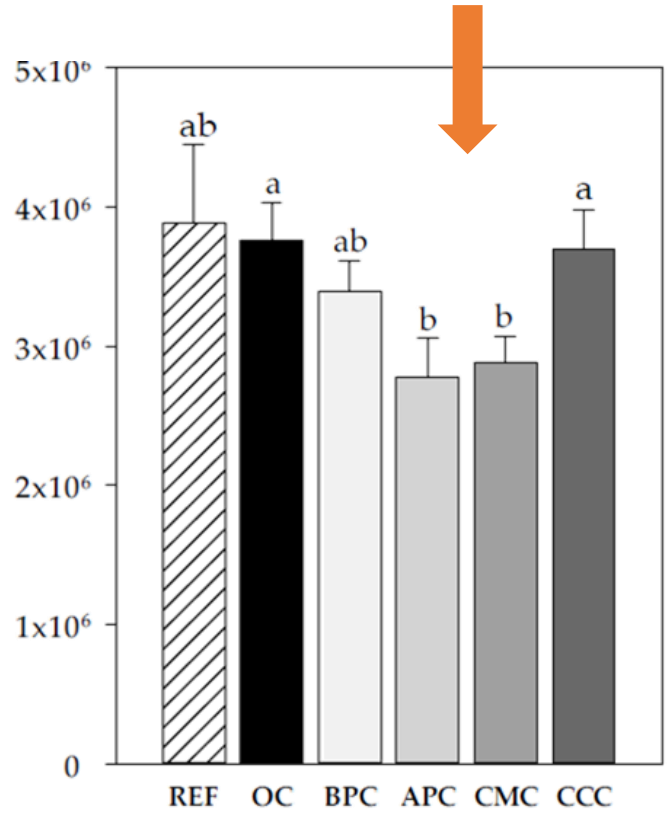
M1

M2



M1: Pro-inflamatoris
M2: antiinflamatoris

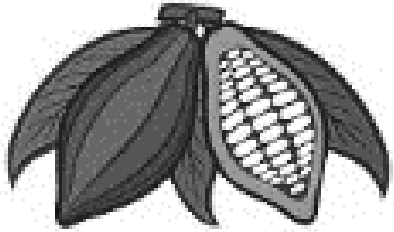
ROS



Actividad hipoglucemiante de dos poblaciones de cacao (Theobroma cacao L.) “Chuncho”: Elaboración de un alimento funcional a base de cacao para la prevención de la diabetis mellitus tipo 2

Peruvian cocoa populations

JL2



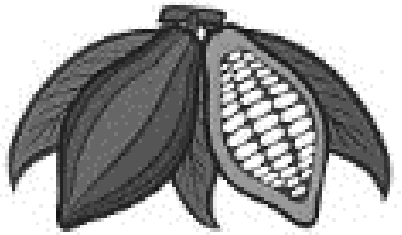
VR99

CCN51

http://indcresa.com/es/organizacion/

Antiinflamatòries

Antioxidants



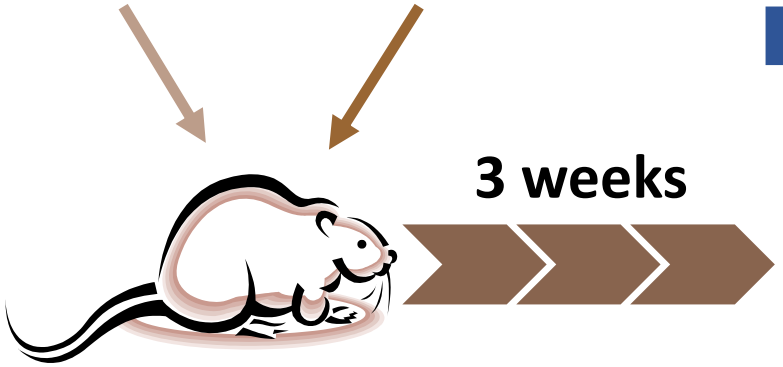
		CCN51	JL2	VRAE99
CONTINGUT COMPOSTOS BIOACTIUS	**Total phenolics** (mg GA equivalents/g)	62.31 ± 7.50[a]	106.62 ± 6.55[b] ↑	85.47 ± 1.12[ab]
	Total flavonoid (mg catechin equivalents/g)	18.95 ± 0.08[a]	19.050 ± 0.71[a]	15.70 ± 0.08[b]
	Catechin (mg/g)	0.41 ± 0.067[a]	0.63 ± 0.004[b] ↑	0.44 ± 0.001[a]
	Epicatechin (mg/g)	0.99 ± 0.001[a]	0.91 ± 0.008[b]	0.94 ± 0.002[c]
ACTIVITAT ANTIOXIDANT	**IC_{50} values of DPPH assay** (μM)	127.56 ± 2.58[a]	106.85 ± 7.19[b] ↑	129.53 ± 0.75[a]

Massot-Cladera et al. *Biol Life Sci Forum* **2022.**

Immunoreguladores

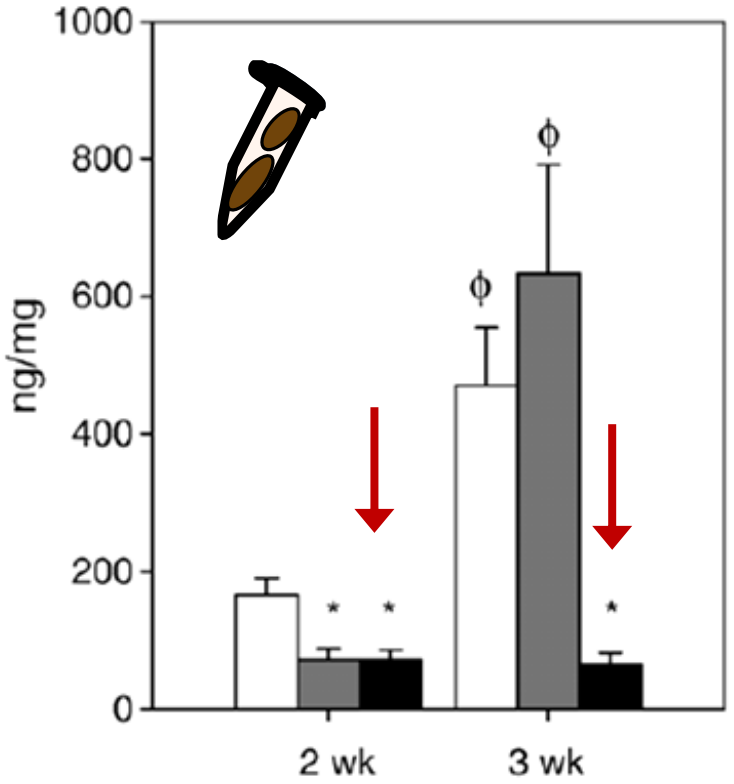
4% cocoa diet

10% cocoa diet



Wistar rats
3 weeks old

Fecal IgA

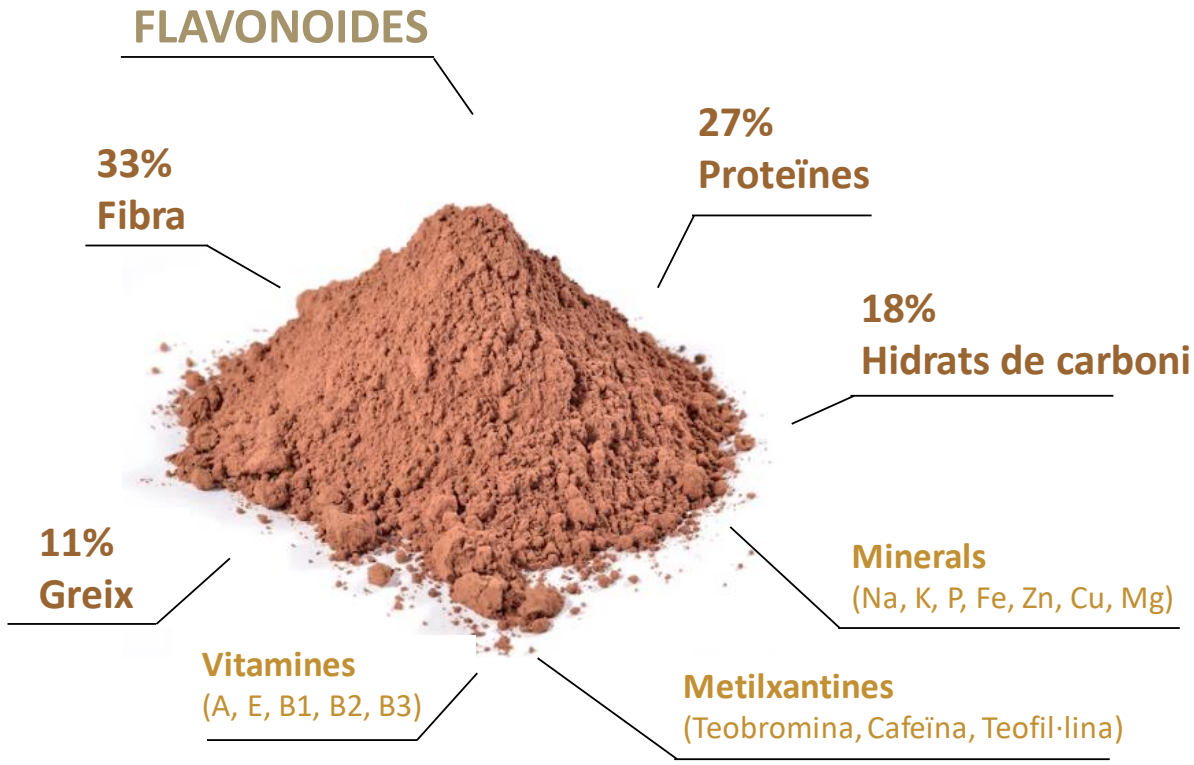


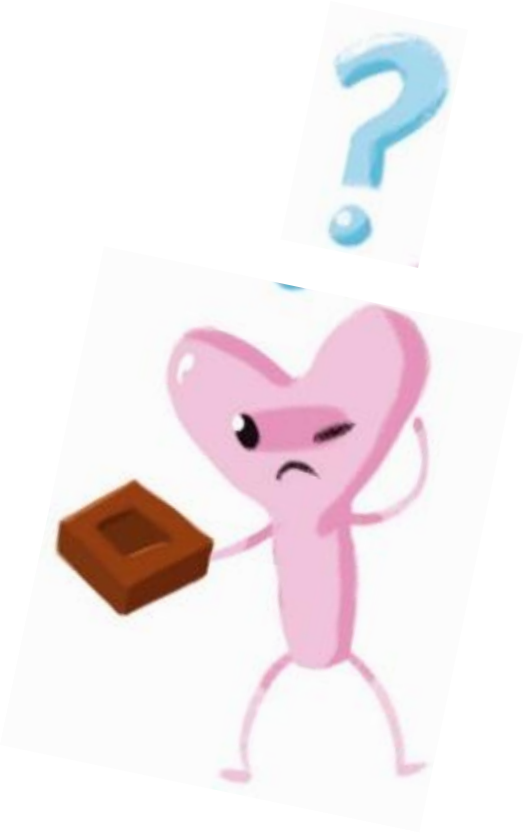
Efectes similars es van observar en anticossos en plasma

Ramiro-Puig et al. (2008) J Nutr Biochem

Immunoreguladores

Quins dels components del cacau és responsable?

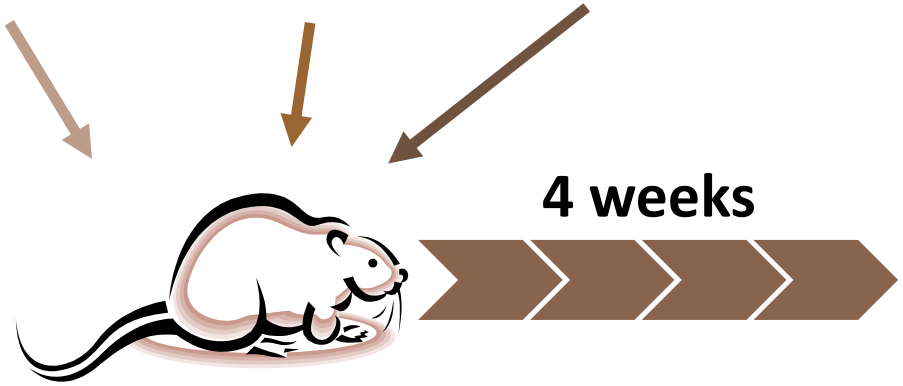




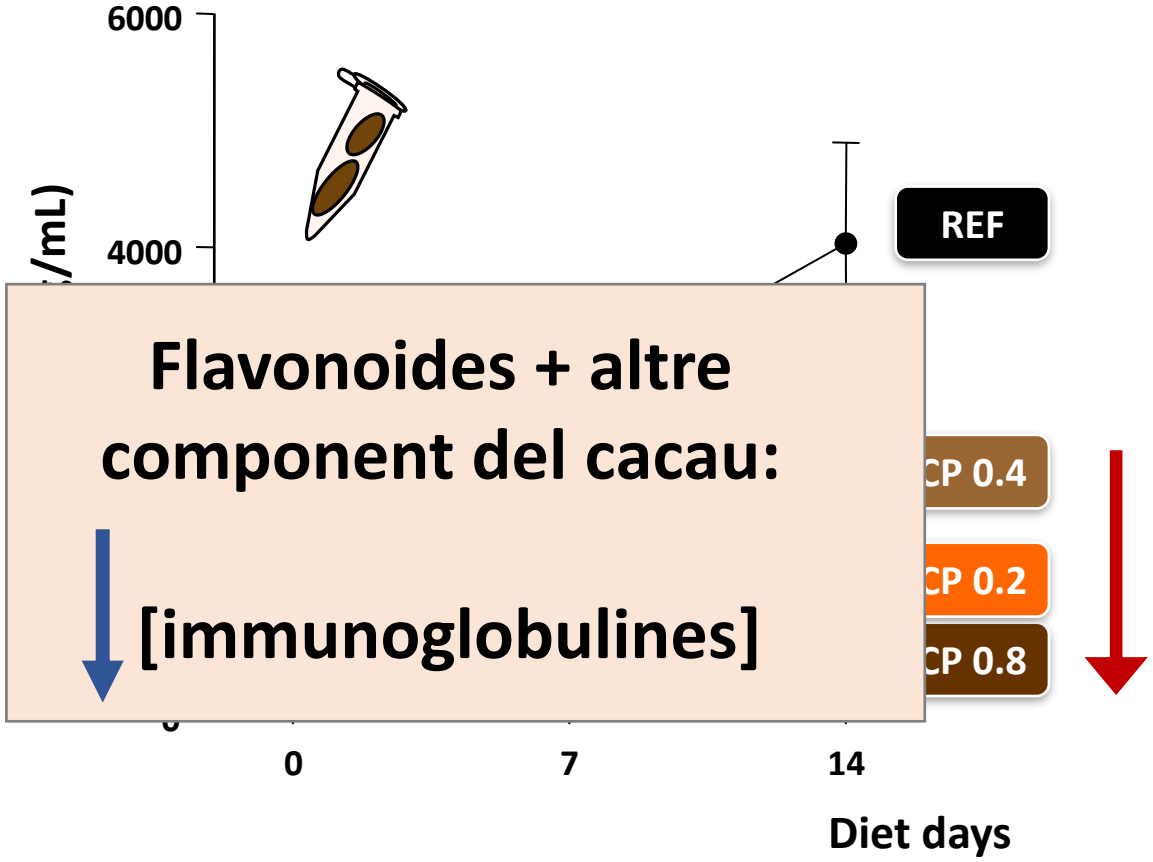
Immunoreguladores

DIFERENT PERFIL DE POLIFENOLS

0.2% CP diet | 0.4% CP diet | 0.8% CP diet



Fecal IgA



Flavonoides + altre component del cacau:

↓ [immunoglobulines]

Massot-Cladera *et al. Nutrients* (2013)

Immunoreguladores

10% cocoa diet

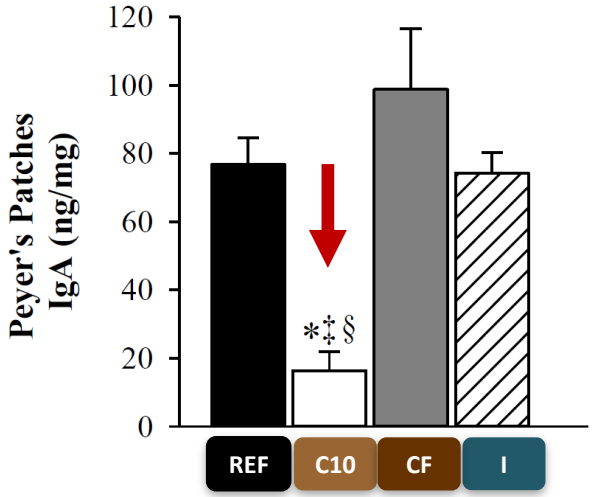
cocoa fiber diet

Inulin diet

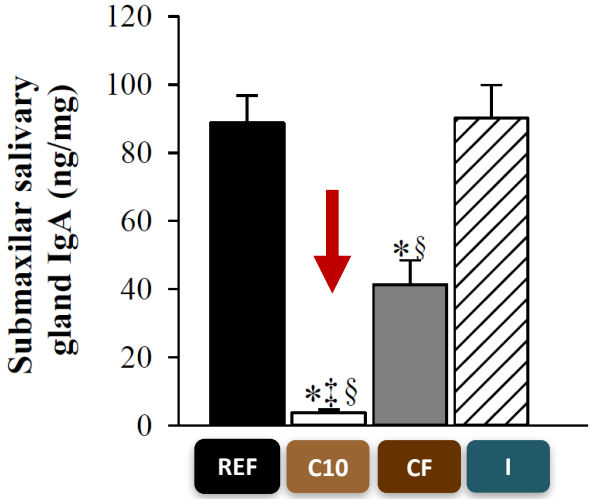
3 weeks

Wistar rats
3 weeks old

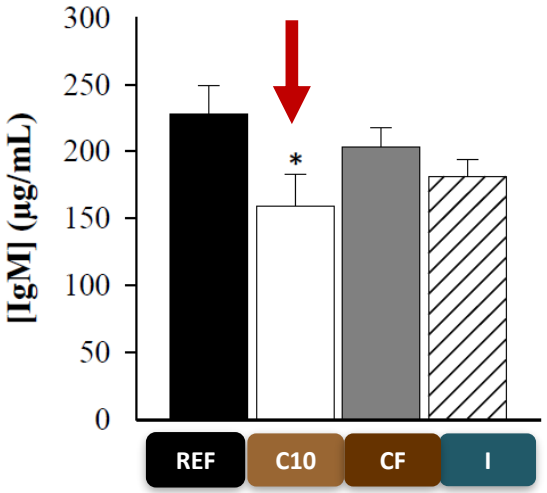
Intestinal



Extraintestinal



Serum



Fibra de cacau no modifica [immunoglobulines]

* $p < 0.05$ *vs* REF; ‡ $p < 0.05$ *vs* CF; § $p < 0.05$ *vs* I

Massot-Cladera *et al. Br J Nutr* (2016)

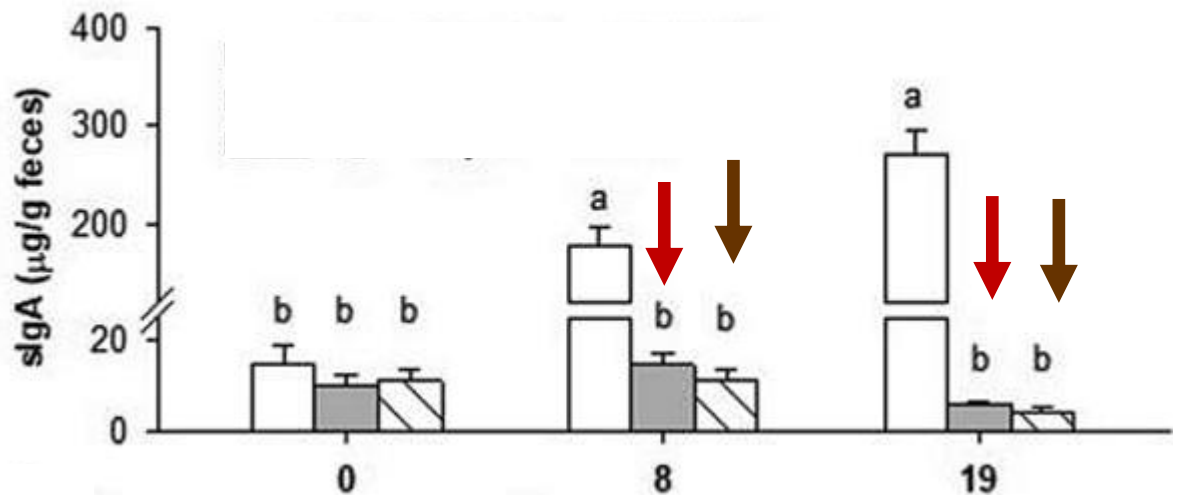
Immunoreguladores

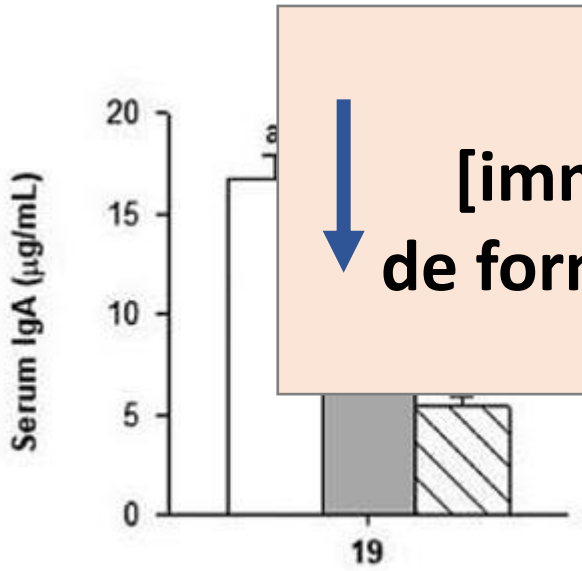
10% cocoa diet

0.25% theobromine diet

Lewis rats
3 weeks old

19 days





Teobromina [immunoglobulines] de forma similar al cacau

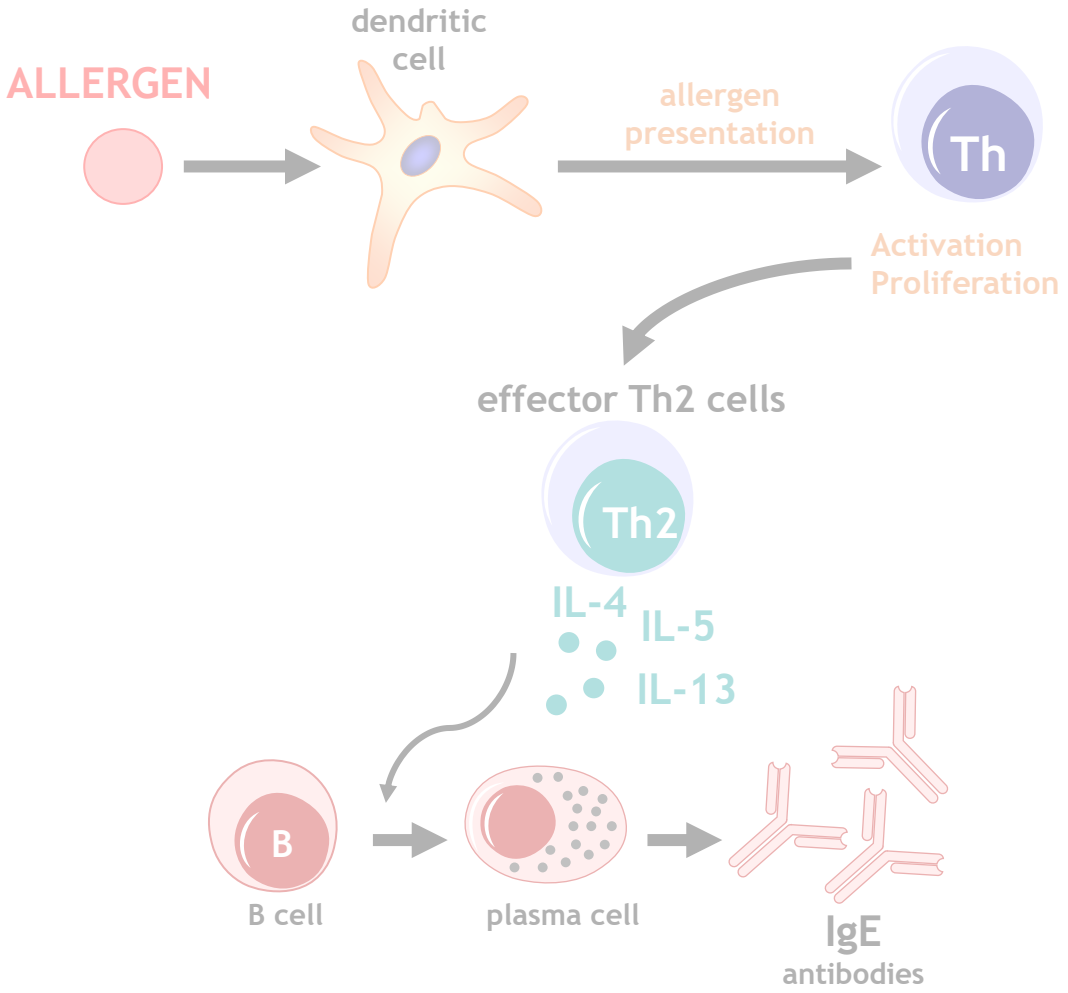
Massot-Cladera *et al. Br J Nutr* (2016)

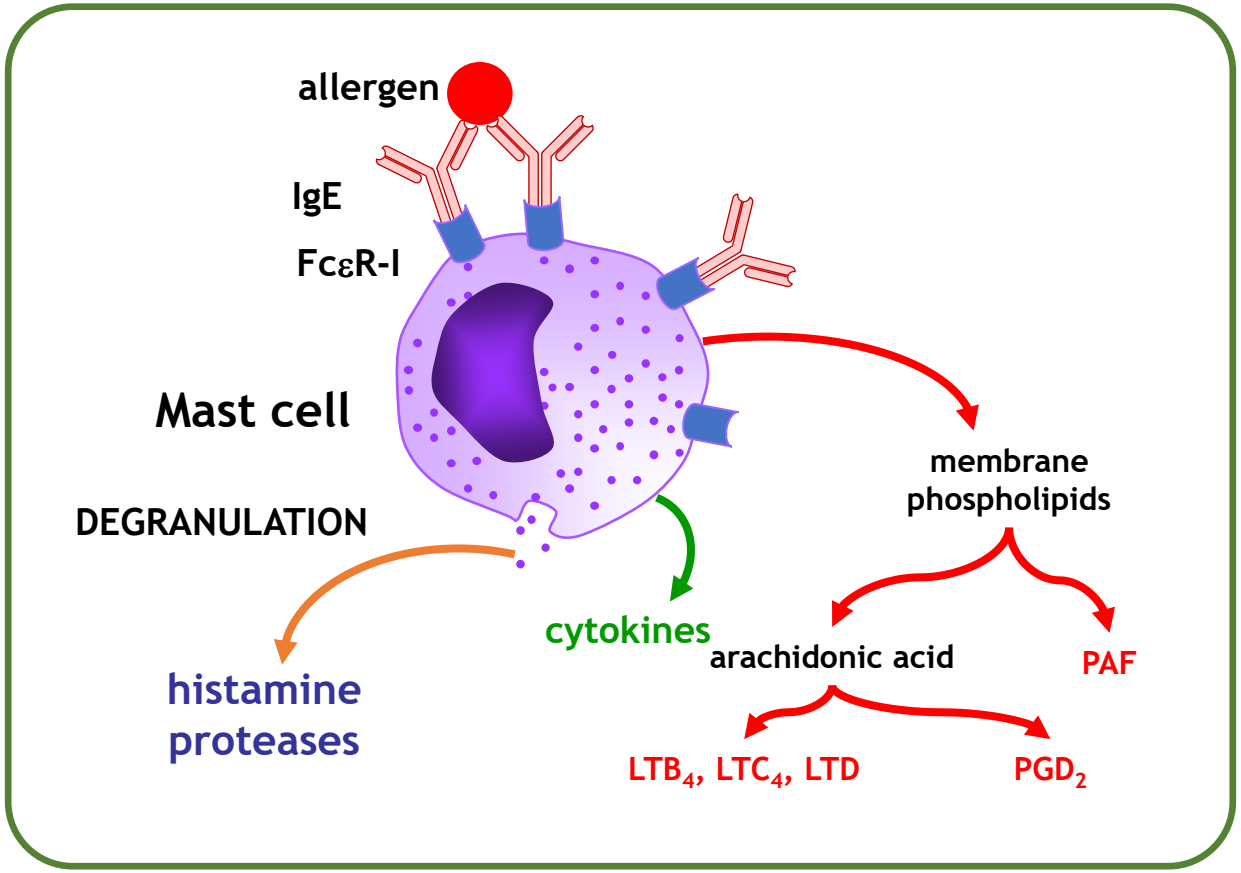
* $p < 0.05$ *vs* REF; ‡ $p < 0.05$ *vs* CF; § $p < 0.05$ *vs* I

Immunoreguladores

El consum de cacau podria ser beneficiós en la resposta al·lèrgica?

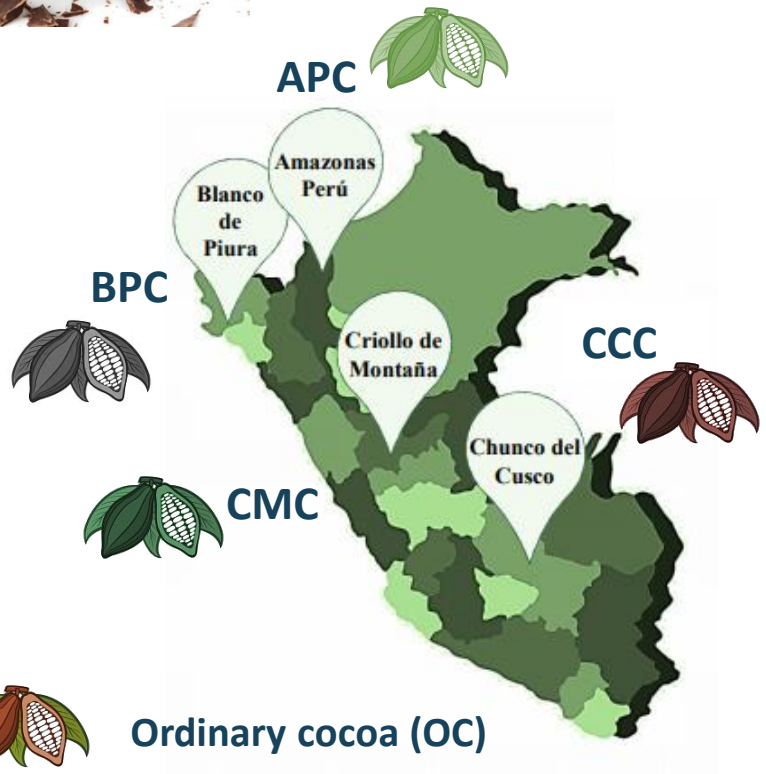
Immunoreguladores





“Actividad antiasmática y antiinflamatoria del Cacao (*Theobroma cacao* L.) como adyuvante en el tratamiento del asma bronquial: evaluación in vitro e in vivo de compuestos bioactivos de 4 variedades de cacao peruano”

Peruvian cocoa populations



CONCYTEC

FONDECYT
FONDO NACIONAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

http://indcresa.com/es/organizacion/

Immunoreguladores

Asma al·lèrgica

Periz et al. *Nutrients* 2022.

10% ordinary cacao diet

10% APC cocoa diet

10% CMC cocoa diet

Brown Norway rats
3 weeks old

1 week

4 weeks

24 h

NASAL CHALLENGE

Allergic asthma induction

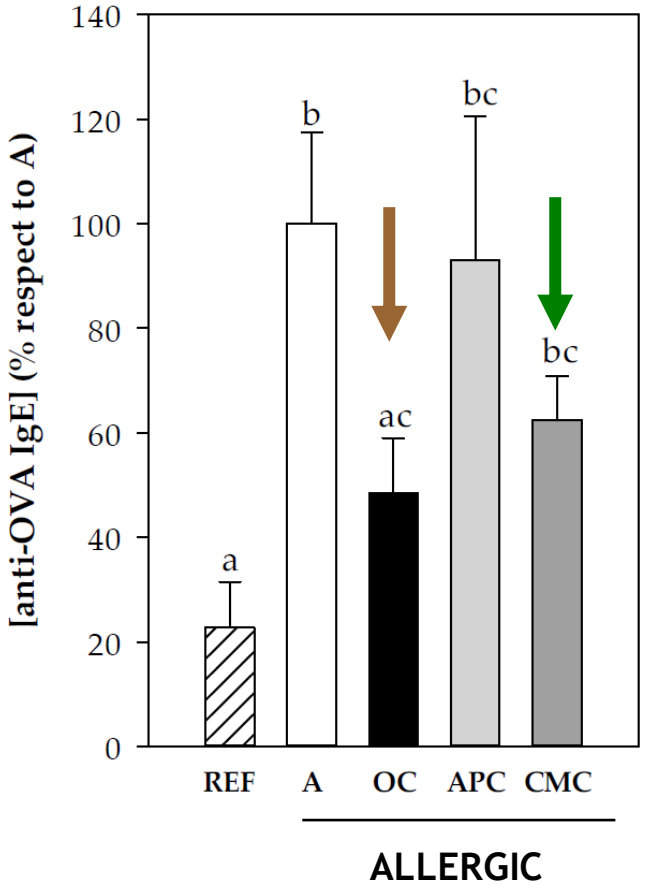
ANAPHYLACTIC RESPONSE MEASUREMENTS

Immunoreguladores

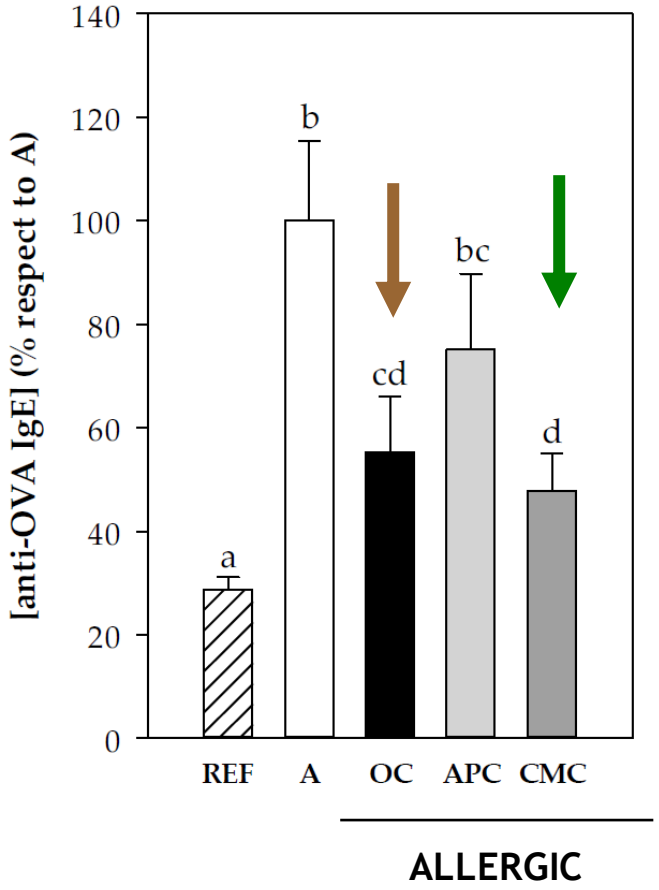
Asma al·lèrgica

Periz et al. *Nutrients* 2022.

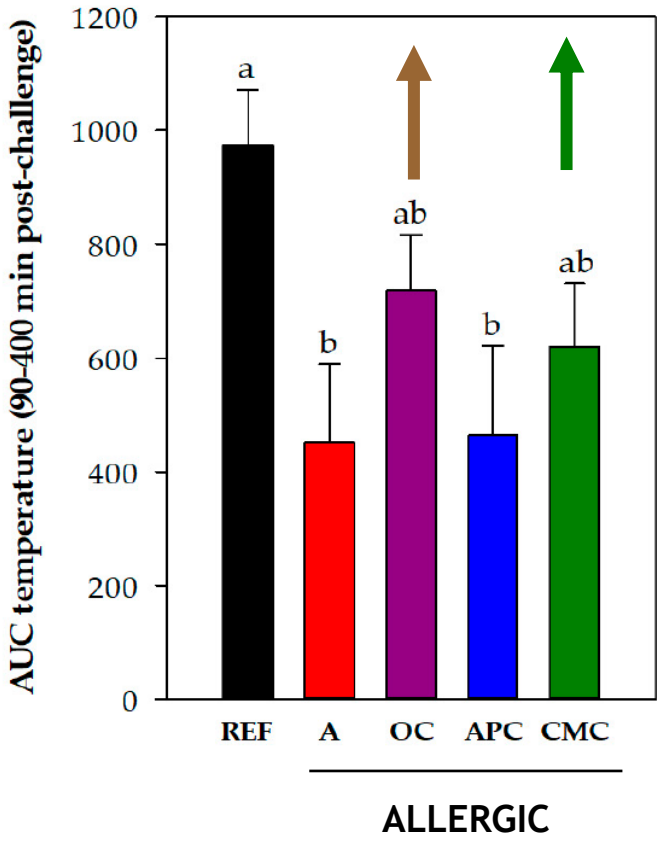
SERUM



RENTAT BRONCOALVEOL·LAR



Temperatura corporal



Immunoreguladores

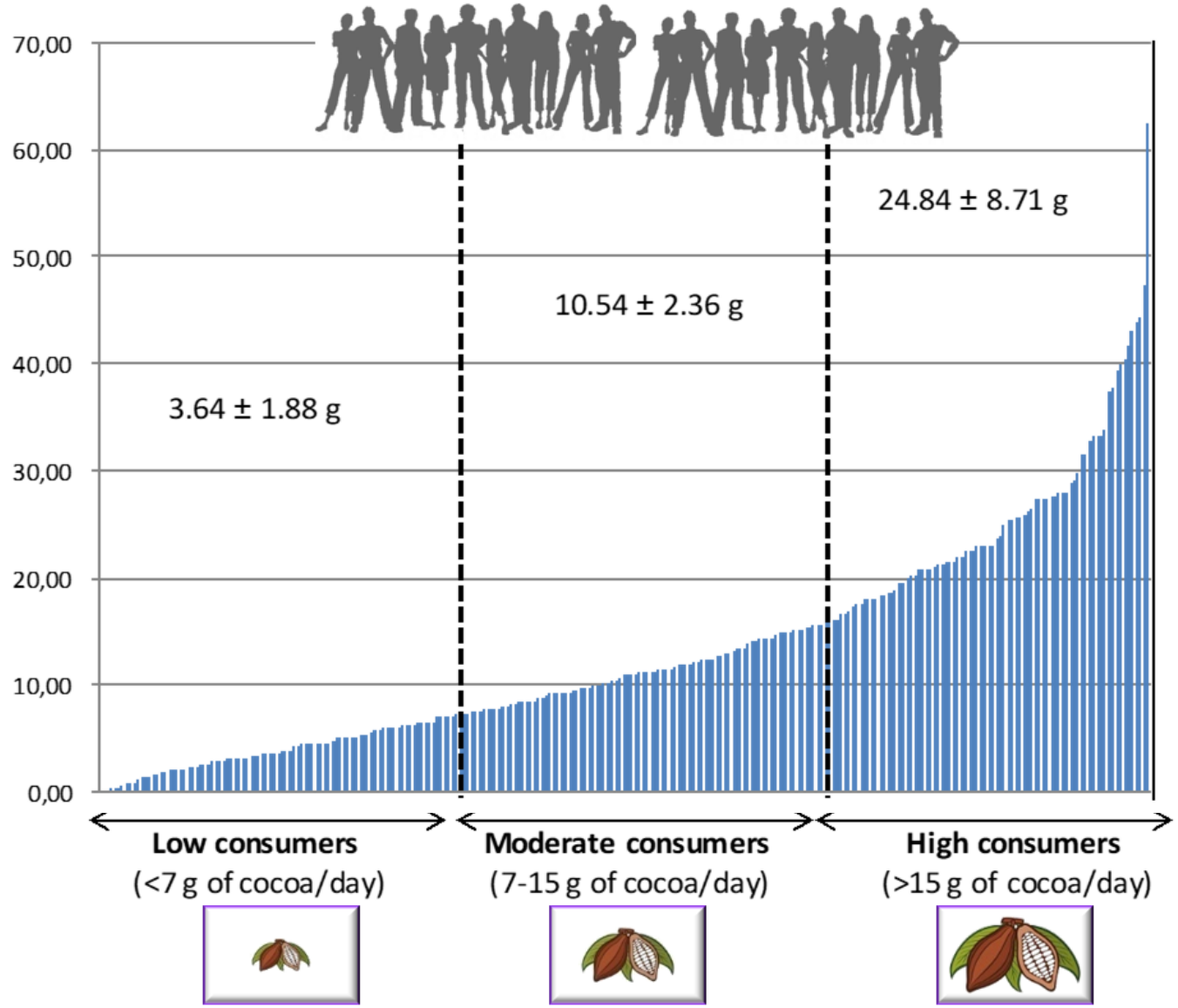
Asma al·lèrgica

Periz et al. *Nutrients* **2022.**

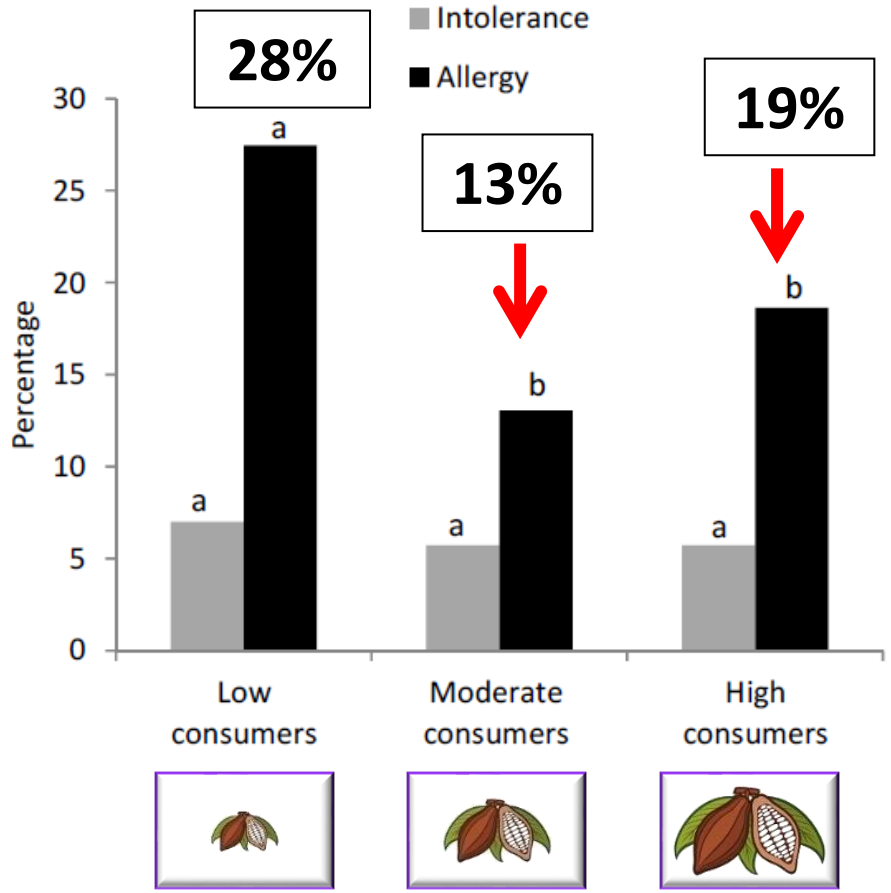
	OC	BPC	APC	CMC	CCC
CONTINGUT COMPOSTOS BIOACTIUS					
Total phenolics (mg gallic acid equivalents/g)	24.11 ± 1.15 ^{ab}	21.07 ± 0.98 ^{a}	28.69 ± 0.80 ^{c}	30.44 ± 0.56 ^{d} ↑	25.30 ± 0.38 ^{b}
Total flavonoids (mg catechin equivalents/g)	34.82 ± 1.01 ^{a} ↓	36.59 ± 0.98 ^{a}	50.35 ± 0.95 ^{b}	56.62 ± 1.12 ^{c} ↑	45.60 ± 1.26 ^{d}
Theobromine (mg/100 g)	560.75 ± 0.45 ^{a}	491.39 ± 0.93 ^{b}	564.71 ± 0.37 ^{a}	604.19 ± 0.28 ^{d} ↑	573.36 ± 0.30 ^{e}
Theophylline (mg/100 g)	1.41 ± 0.00 ^{a}	1.37 ± 0.00 ^{b}	1.40 ± 0.00 ^{c}	1.39 ± 0.00 ^{d}	1.54 ± 0.00 ^{e}
Caffeine (mg/10	236.35 ± 0.06 ^{a} ↓	280.74 ± 0.56 ^{b}	275.10 ± 0.11 ^{c}	360.53 ± 0.27 ^{d} ↑	324.55 ± 0.15 ^{e}
ACTIVITAT ANTIOXIDANT					
FRAP a (µmol F					32 ± 4.79 ^{b}
DPPH a (µg TE					39 ± 0.07 ^{d}

Els polifenols del cacau no són els únics responsables d'aquests efectes

Immunoreguladores



Estudiants amb intolerància o al·lèrgia

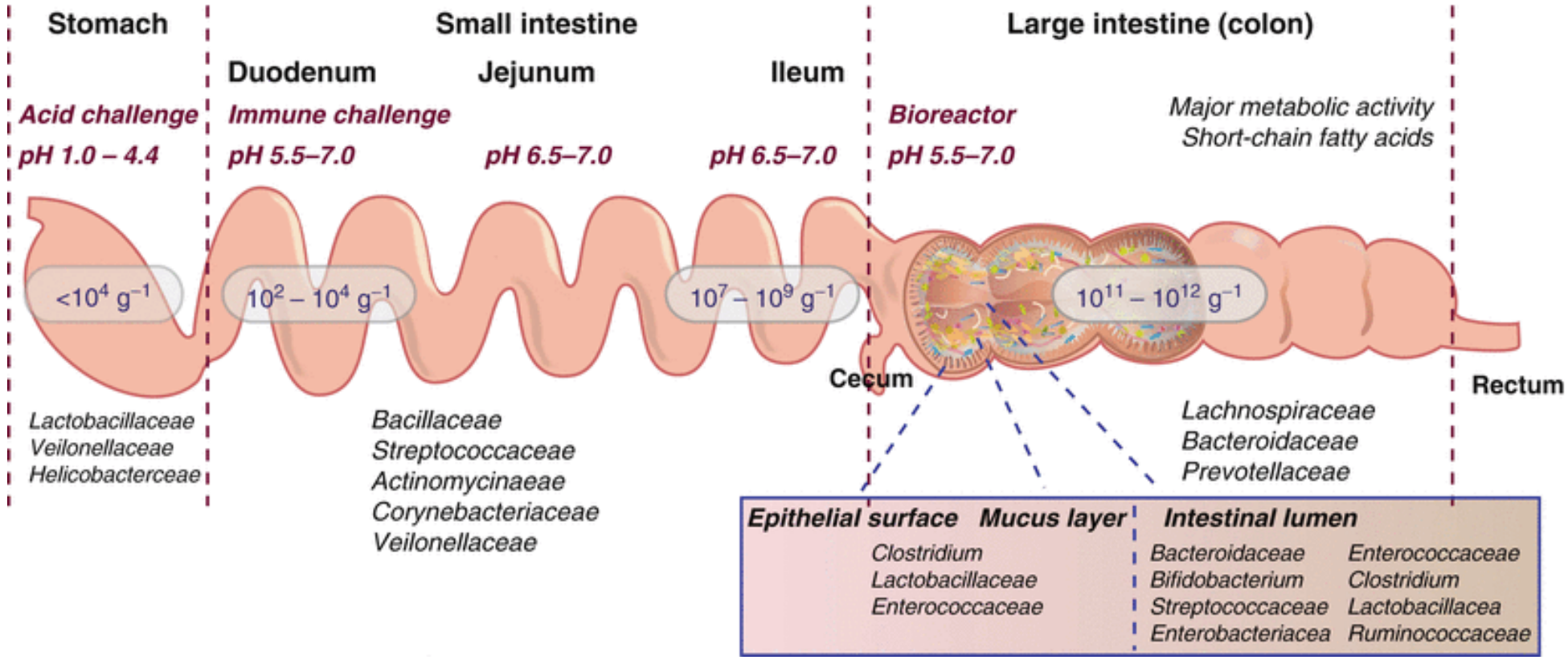


Rodríguez-Lagunas et al. *Molecules 24:812,* 2019.

Prebiòtiques

GUT MICROBIOTA

100 trillions of microorganisms (500-1000 species - mainly in the colon -)



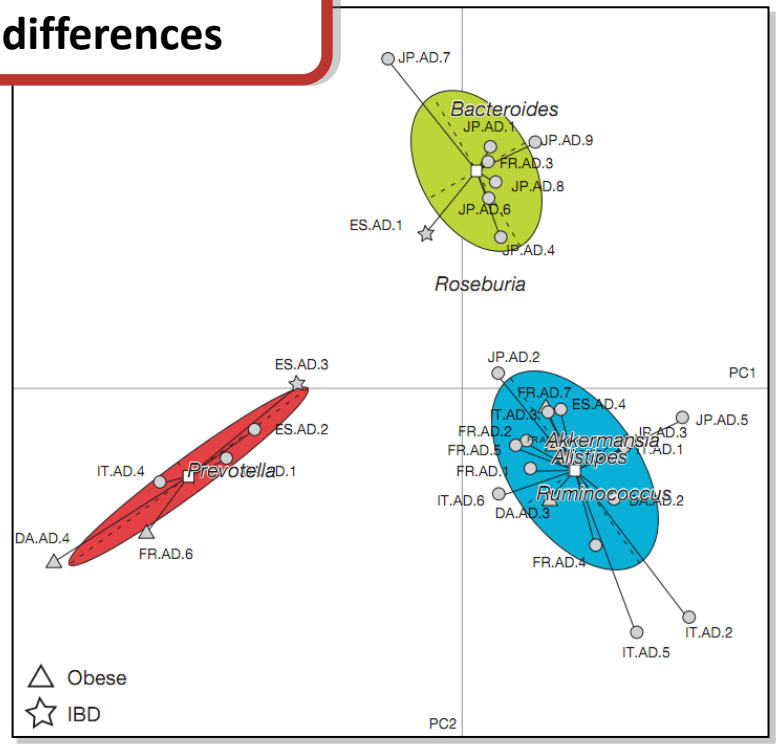
Kovatcheva-Datchari *et al*. *The Prokariotes* 2013

Prebiòtiques

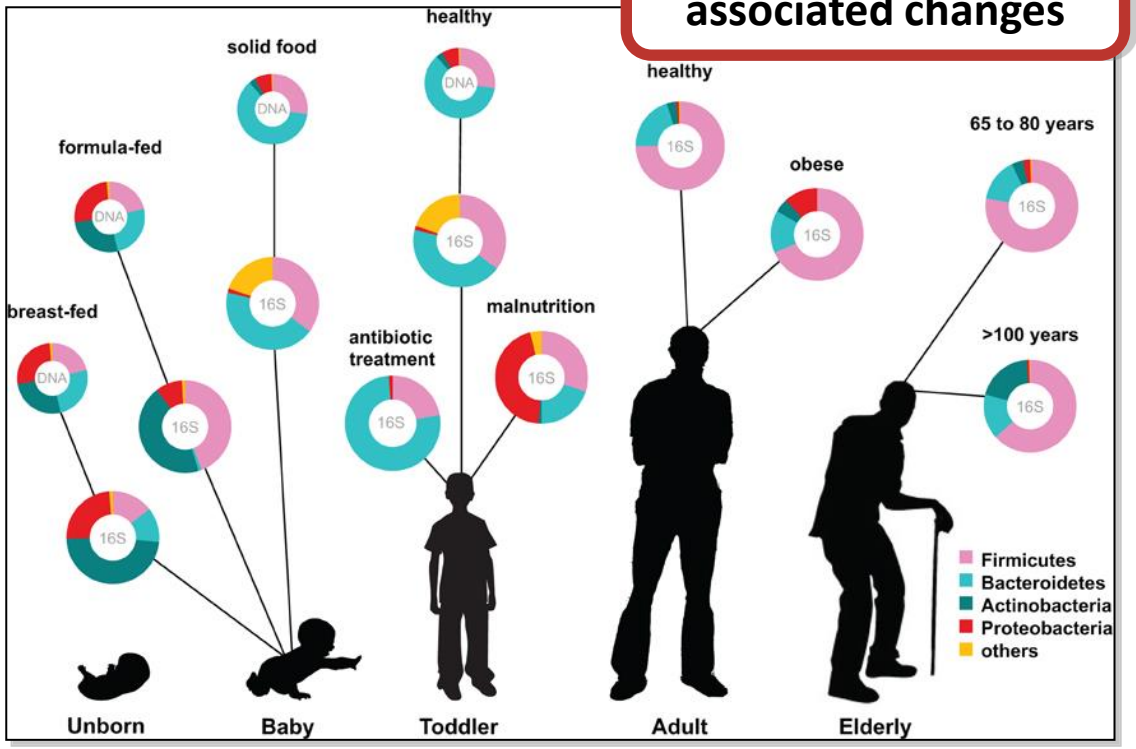
GUT MICROBIOTA

100 trillions of microorganisms (500-1000 species - mainly in the colon -

Inter-individual differences



Age and diet associated changes



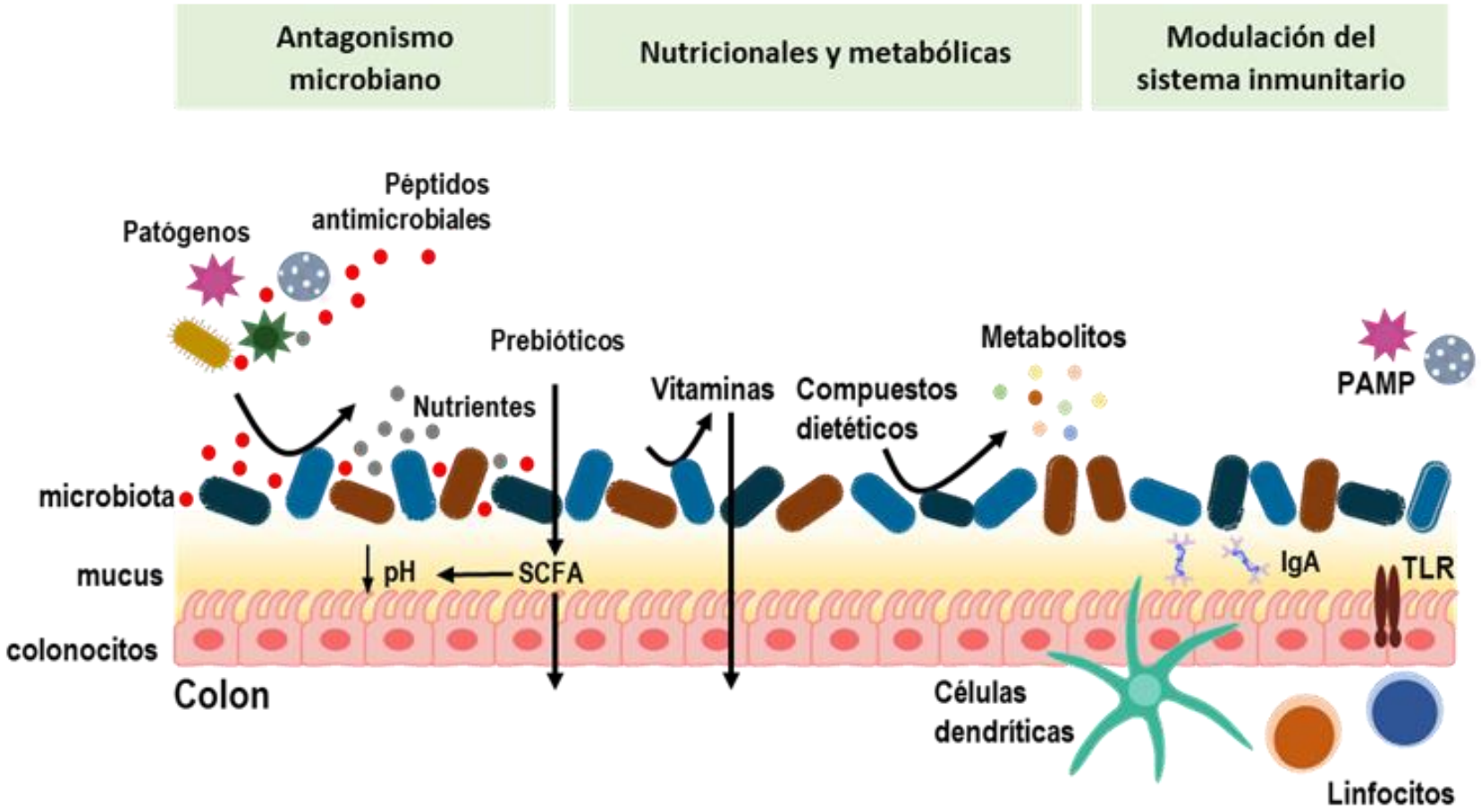
Arumugam *et al. Nature* 2011; Ottman *et al. Front Cell Infect Microbiol* 2012

Prebiòtiques

GUT MICROBIOTA

100 trillions of microorganisms (500-1000 species - mainly in the colon -

ACCIÓ SIMBIOSI:
MICROBIOTA-HOSPEDADOR



Elaboració pròpia

Prebiòtiques

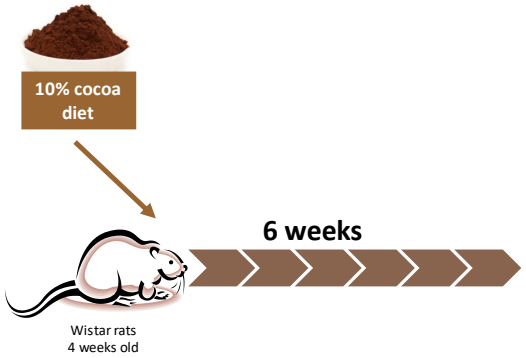
10% cocoa diet

6 weeks

Wistar rats
4 weeks old

Massot-Cladera et al. *Arch Biochem Biophys* (2012)

Prebiòtiques



Flavonoides modulen la composició de la microbiota

Bacterial counts of each genus relative to total bacteria counts determined by FISH-FCM in faeces.

	REF				C10			
	Before intervention		After intervention		Before intervention		After intervention	
	Cells/g[a]	S.M.E	Cells/g[a]	S.M.E	Cells/g[a]	S.M.E	Cells/g[a]	S.M.E
All Bacteria	9.47	0.13	9.34	0.12	9.26	0.08	9.32	0.10
Lactobacillus	8.30	0.16	7.81	0.28	7.86	0.18	7.35	0.15
Bacteroides	8.19	0.24	7.90	0.22	8.09	0.25	7.06[*,φ]	0.23
Bifidobacterium	8.31	0.22	8.13	0.11	8.19	0.17	7.68	0.21
Staphylococcus	8.61	0.27	8.51	0.15	8.71	0.14	7.81[*,φ]	0.22
Streptococcus	8.90	0.19	8.73	0.17	8.68	0.16	8.36	0.13
Clostridium	8.53	0.13	8.25	0.19	8.39	0.15	7.59[*,φ]	0.23

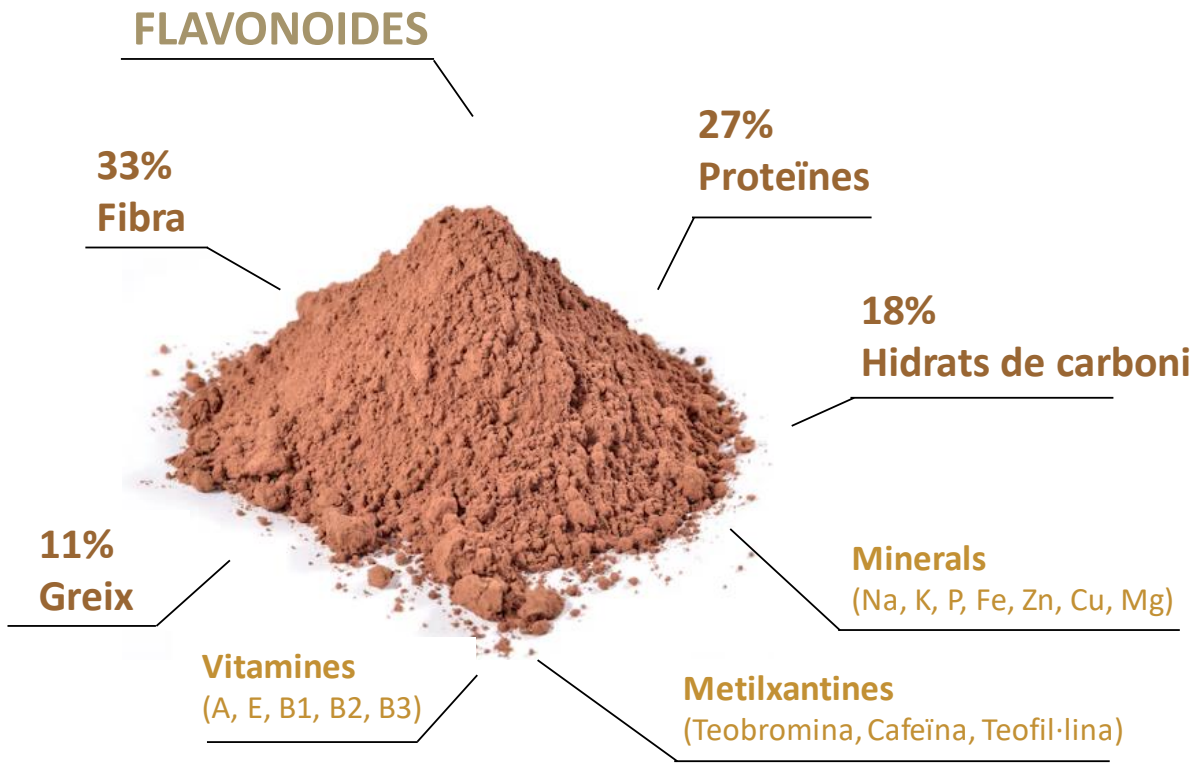
[*] Significant differences: $p < 0.05$ *vs* REF group after intervention.
[φ] Significant differences: $p < 0.05$ vs COCOA group before intervention.
[a] log faecal cells/g of faeces.

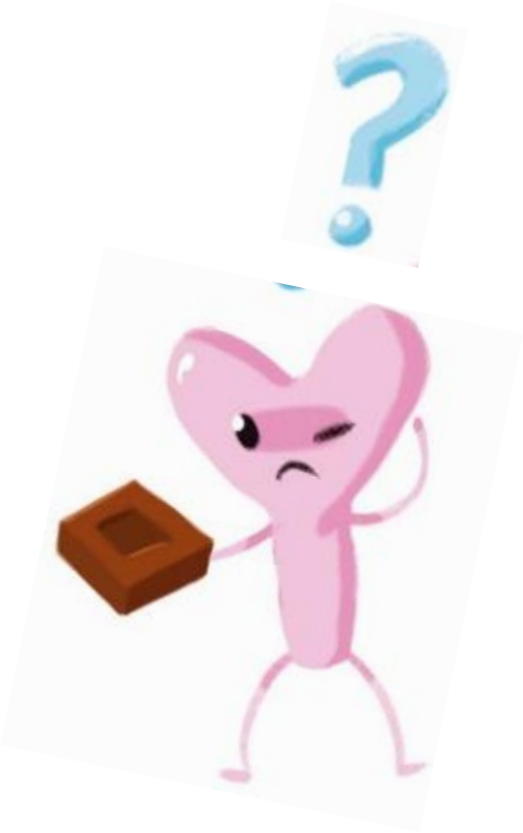
Massot-Cladera et al. *Arch Biochem Biophys* (2012)

* $p < 0.05$ *vs* baseline; φ $p < 0.05$ *vs* REF

Prebiòtiques

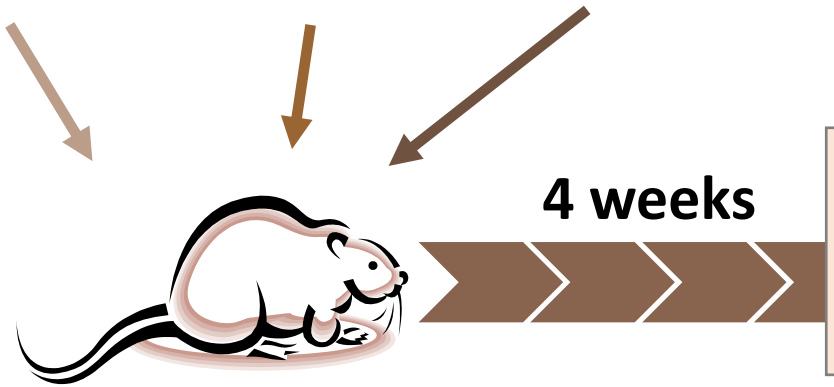
Quins dels components del cacau és responsable?





Prebiòtiques

0.2% CP diet | 0.4% CP diet | 0.8% CP diet



4 weeks

Group	REF		CP 0.2		CP 0.4		CP 0.8	
	After intervention							
Genus	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
Total bacteria	81·19	5·19	62·30 †	3·58	78·29	5·33	84·26‡	2·03
Bacteroides	32·81	4·53	22·24	0·23	26·94	4·57	23·55	5·26
Bifidobacterium	8·64	1·87	4·79	1·45	3·85	1·18	3·27	0·09
Lactobacillus	5·75	1·83	4·00	2·02	2·83	0·83	4·83	0·60
Escherichia coli	3·73	0·97	1·70	0·84	1·79	0·13	1·33	0·36
Clostridium histolyticum/ C. perfringens	14·67	3·17	6·17	0·83	15·00 §	2·65	4·17	1·09
Streptococcus	57·05	7·26	23·95†	5·73	34·57	5·14	25·27†	7·30
Staphylococcus	54·60	3·65	25·32 †	3·55	44·63 ‡	1·50	43·60 ‡	4·41

Els polifenols del cacau no són els únics responsables d'aquests efectes

Massot-Cladera *et al. Br J Nutr* (2014)

† $p < 0.05$ *vs* REF; ‡ $p < 0.05$ *vs* PC0.2

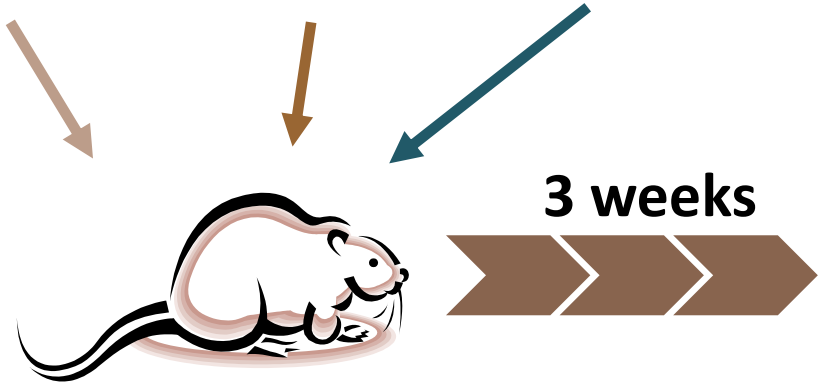
Prebiòtiques

* $p < 0.05$ *vs* REF; α $p < 0.05$ *vs* C10; β $p < 0.05$ *vs* CF

10% cocoa diet

cocoa fiber diet

Inulin diet



3 weeks

Wistar rats
3 weeks old

Massot-Cladera *et al. J Funct Foods* (2015)

Prebiòtiques

Fibra de cacau modifica la microbiota però no de forma similar al cacau

* $p < 0.05$ *vs* REF; α $p < 0.05$ *vs* C10; β $p < 0.05$ *vs* CF

Groups	After intervention							
	REF		C10		CF		I	
	Mean (×10⁷ cells/g)	SEM	Mean (×10⁷ cells/g)	SEM	Mean (×10⁷ cells/g)	SEM	Mean (×10⁷ cells/g)	SEM
Total bacteria	143.43	46			193.06	26.94	210.78	22.62
Bacteroides (B)	3.46	1			7.85*	1.63	7.36*	1.64
Bifidobacterium (A)	3.71	0			10.90*α	2.69	16.54*α	5.09
Lactobacillus (F)	4.21	0			12.20*	2.77	24.38*αβ	4.23
E. coli (P)	2.51	1.10	1.57	0.69	2			0.61
Staphylococcus (F)	5.44	1.74	2.22*	0.61	12			1.06
Streptococcus (F)	5.94	1.83	1.27*	0.21	18			0.74
Clostridium histolitycum/C. perfringens (F)	3.40	1.22	6.53	1.69	11			2.24
Clostridium coccoides/Eubacterium rectale (F)	3.41	1.11	9.99*	3.64	9.90	2.61	8.92*	1.39
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
F/B ratio	7.94	1.29	3.15*	0.67	8.06 α	1.83	9.11 α	2.82

↓ ***Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp. and F/B ratio**

↑ ***Bifidobacterium* spp.**

Lactobacillus spp.

A: *Actinobacteria*; B: *Bacteroidetes*; F: *Firmicutes*; P: *Proteobacteria*.

Massot-Cladera *et al. J Funct Foods* (2015)

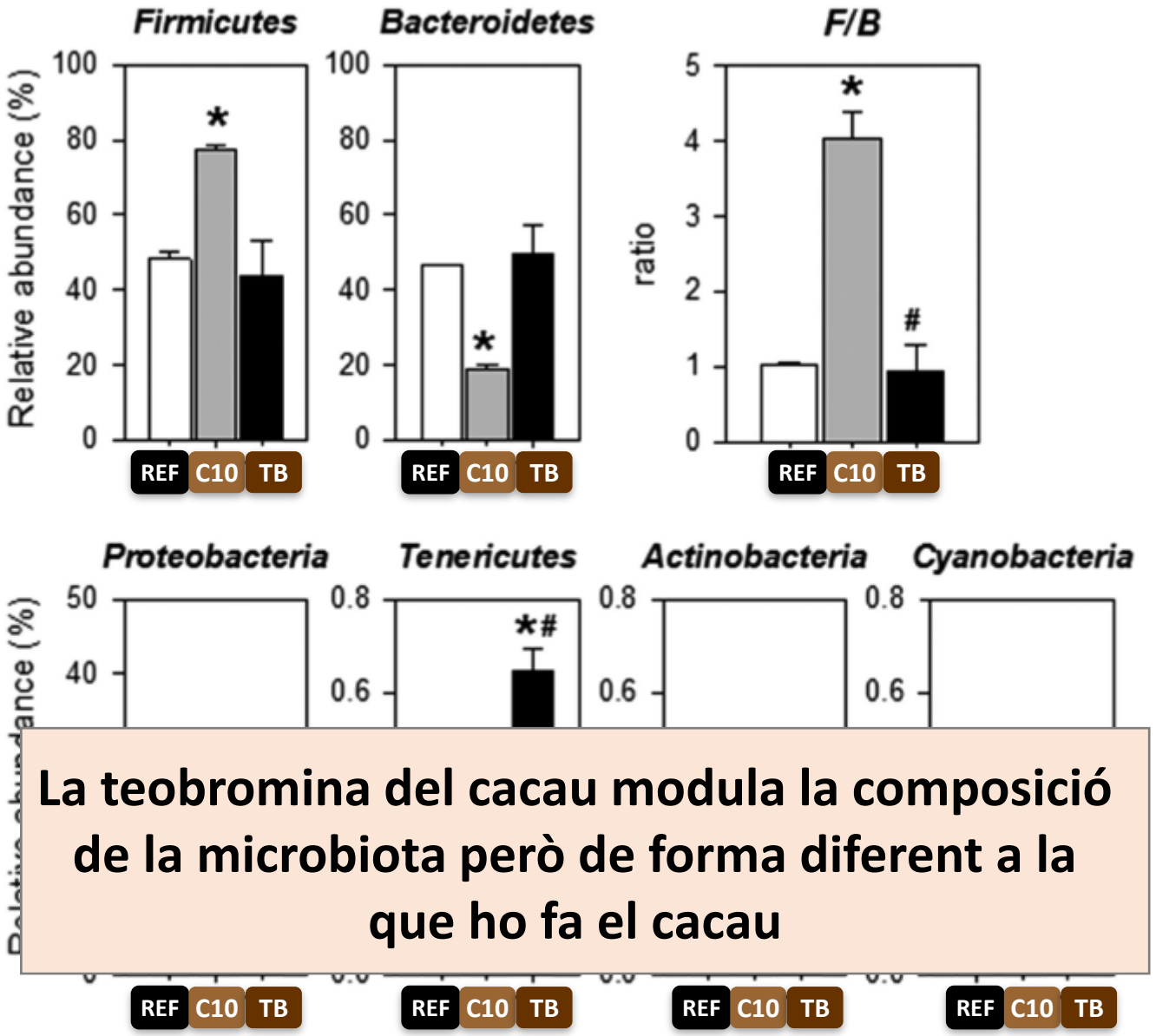
Prebiòtiques

10% cocoa diet

0.25% theobromine diet

19 days

Lewis rats
3 weeks old



La teobromina del cacau modula la composició de la microbiota però de forma diferent a la que ho fa el cacau

- Antiinflamatòries
- Antioxidants
- Immunoreguladores
- Prebiòtiques

On going task

Lewis rats
7 weeks old

10% cocoa diet

Exhausting test → 5 weeks → 5-week intensive training → Exhausting test

- SEDENTARY
- TRAINED
- EXHAUSTED

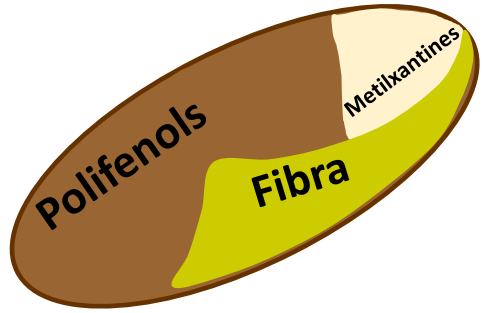
POLYPHENOLS

FIBER

\+

METHYLXANTHINES

ANTIINFLAMATÒRIES
ANTIOXIDANTS
IMMUNOREGULADORES
PREBIÒTIQUES



COCOA →

ANTIINFLAMATÒRIES
ANTIOXIDANTS
IMMUNOREGULADORES
PREBIÒTIQUES

Take home message

Fibra

Polifenols

Metilxantines

Cal considerar-lo com a un aliment funcional complex aliat per a la salut

Universitat de Barcelona
Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

INSA
Institut de Recerca en Nutrició i Seguretat Alimentària

Excelencia María de Maeztu 2023-2026

El cacau: un plaer per al paladar i un aliat per a la salut?

MOLTES GRÀCIES!