



YERBA MATE

Reseña Histórica y Estadística.
Producción e Industrialización
en el siglo XXI.



TÍTULO

YERBA MATE. Reseña Histórica y Estadística. Producción e Industrialización en el siglo XXI.

COORDINADOR Y EDITOR GENERAL

Capellari, Pablo Leandro

e-mail: pablocapellari@hotmail.com

CO-EDITOR GENERAL

Medina, Ricardo Daniel

COMITE EDITORIAL

Avico, Edgardo - Balbi, Celsa Noemí - Burgos, Ángela María - Galliano, María Cecilia - Ibarrola, Susana - Peichotto, Myriam Carolina - Vidoz, María Laura.

AUTORES

Burgos, Angela María - Cabrera, María Graciela - Capellari, Pablo Leandro - Dalurzo, Humberto Carlos - Dávalos, Marcos - Dirchwolf, Pamela - Dolce, Natalia Raquel - Fediuk, Ángel - Holowaty, Santiago Alexi - Llera, Valentín - Maiocchi, Marcos - Medina, Ricardo Daniel - Molina, Sandra Patricia - Pinto Ruiz, Gabriel - Mayol, Marcelo - Tarragó, José - Yacovich, Maricel.

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Lic. Mariana Cecilia Rodriguez

FOTO DE TAPA Y PAG. 6

Luis Gurdiel

1ª EDICIÓN - 500 EJEMPLARES

Consejo Federal de Inversiones

San Martín 871 – (c1004aaq) - Buenos Aires – Argentina

Ministerio de Producción

San Martín 2224 – (3400) - Corrientes - Argentina

Yerba mate, reseña histórica y estadística, producción e industrialización en el siglo XXI / Pablo Leandro Capellari ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Consejo Federal de Inversiones, 2017.

310 p.; 24 x 18 cm.

ISBN 978-987-510-260-6

1. Cultivo. 2. Yerba Mate. 3. Corrientes. I. Capellari, Pablo Leandro
CDD 633.77

FECHA DE CATALOGACIÓN: 12/2017

QUEDA HECHO EL DEPÓSITO QUE MARCA LA LEY 11.723

IMPRESO EN ARGENTINA - DERECHOS RESERVADOS.

No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito de los editores. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.



COMPOSICIÓN QUÍMICA

Conocer mejor lo que nos gusta tanto

Maiocchi, Marcos

Doctor en Ciencias Químicas de la UNNE (2012), Ingeniero Químico UTN (1996).
Profesor titular de Operaciones Unitarias Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y
Agrimensura de la UNNE.

La Yerba Mate, es decir, las hojas y tallos jóvenes de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., desecados, “canchados”, molidos y estacionados (Código Alimentario Argentino, Cap. XV, art. 1193, 2006; IRAM, 2010), es consumida en diversas formas en el Cono Sur de América. Se emplea en forma de extractos acuosos (cebadura, infusión teiforme o maceración en frío) y por su valor nutricional debido al contenido en xantinas, vitaminas y minerales se ha convertido en la bebida analcohólica tradicional de la región. Diversos factores afectan sus características físico-químicas (Scherer *et al*, 2002, Reissmann *et al*, 1999), dando lugar a diversos “tipos” de yerba mate que satisfacen los diferentes paladares (Bastos *et al*, 2006).

El estudio de la composición química de la “yerba mate” puede encararse desde diversos puntos de vista a saber: determinación estructural de sus metabolitos, su bioactividad, en relación a la variabilidad morfológica (Coelho 2000), al estadio fenológico de las hojas y la época de cosecha (Bertoni *et al*, 1991), a las características físico-químicas del producto comercial (Esmelindro *et al*, 2002), al sabor de sus infusiones (Pagliosa *et al*. 2009), a las modalidades de cultivo (Coelho *et al*. 2000, Marx *et al*, 2003), a los procesos a que es sometida la materia prima (Bertoni *et al*, 1992 a-b, 1993, Esmelindro *et al*, 2002), e incluso según los diversos métodos extractivos (Jacques *et al*. 2007, Sambiasi *et al*, 2002).

Numerosas propiedades de la yerba mate han sido determinadas fehacientemente mediante estudios farmacológicos, de los que en la última década destacan la comprobación de los efectos quimioprotectores in vitro sus extractos (Ramírez-Mares *et al*, 2004), que resultan aún más poderosos que los del té (*Camellia sinensis*); la activa participación en procesos de inhibición de la hiperglicemia (Lunceford & Gugliucci, 2005); la actividad antioxidante de los extractos y aceites esenciales (Anesini *et al*. 2005, Bastos *et al*, 2006, Filip *et al*, 2000), la inhibición de importantes procesos del estrés oxidativo (Bixby *et al*, 2005), la acción inhibitoria de oxidación de LDL y la manifestación de efectos antimutagénicos (Bracesco *et al*, 2011, Gugliucci 1996); la actividad cardioprotectora de los extractos de yerba mate (Schinella *et al*, 2005); etc.

Se considera que para las necesidades que debe cubrir el presente material informativo, puede resultar apropiado expresar los resultados obtenidos directamente en yerba mate comercial y sus dos formas más habituales de consumo, la cebadura y el mate cocido. Así el lector hallará en cada ítem que abordemos la cuantificación de la “sustancia” o “grupos de sustancias” (los componentes) obtenidos al analizar una muestra de yerba mate “lista para consumir” y las que hemos detectado al simular las infusiones.

Para esto definimos como porción de *cebadura*, a la infusión resultante de someter 50 g de yerba mate a la acción de 10 extracciones sucesivas con 50 mL de agua caliente (84° C) a intervalos de 2 minutos (Maiocchi *et al*, 2016).

La porción de *mate cocido* consistirá en 3 g de material dispuesto en saquitos, que se someten a la acción extractiva de 200 mL de agua de reciente hervor durante 5 minutos. (Maiocchi *et al*, 2016).



Las infusiones obtenidas, se filtran y acondicionan para ser sometidas a diversas técnicas de determinación aplicadas por numerosos autores cuyas referencias se citan en la bibliografía.

Extracto acuoso

Los resultados se expresan en gramos (g) cada 100 gramos de material (%) para el material *yerba mate*, en gramos (g) o miligramos (mg) por porción para el caso de *cebadura y mate cocido*.

Consiste en todas las sustancias que pueden extraerse de la yerba mate utilizando agua como solvente. En la monografía “La Yerba Mate” (CRYM, 1971) son mencionados los primeros resultados de análisis de extracto acuoso en hojas de *Ilex paraguariensis*, hallándose valores entre 36,1 y 46,7%. Posteriormente Avanza *et al.* 1981 reportaron valores del orden del 40%, en sus trabajos para APYMA (Asociación Promotora de la Yerba Mate).

Realizando una simulación de cebadura sobre yerba mate elaborada, Ramallo *et al.* (1997) obtuvieron $27,02 \pm 3,09\%$ de extracto acuoso, mientras que Viera & Sabbatella (2011) comunicaron $16,1 \pm 0,5g$ para la porción de 50g de yerba mate. Los resultados obtenidos en yerba mate y sus infusiones se presentan en la tabla 1 (Maiocchi, 2012).

Tabla 1

EXTRACTO ACUOSO	
Yerba mate (g/100 g)	40,65 ± 0,82
Cebadura (g/porción de 50 g)	14,54 ± 4,35
Mate cocido (g/porción de 3 g)	0,88 ± 0,02

Xantinas

El alcaloide xantínico que se encuentra con mayor frecuencia en la composición del género *Ilex* es la cafeína. En la Fig. 1 se presentan las fórmulas estructurales de diversas xantinas, alcaloides de base purínica.

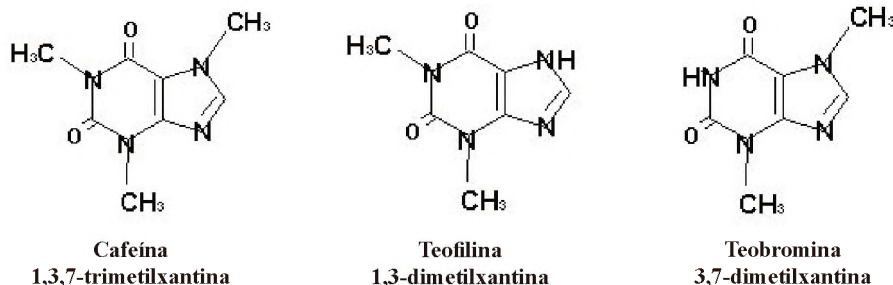


Figura 1. Fórmulas estructurales de las metilxantinas.

Heck & Mejía (2007) comunicaron para *I. paraguariensis* los siguientes valores: cafeína (1,3,7-trimetilxantina): 1-2%; teobromina (3,7-dimetilxantina) 0.3-0.9%; teofilina (1,3-dimetilxantina): 0,1%. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 2 (Maiocchi, 2012).

Tabla 2

CAFEÍNA	
Yerba mate (g/100 g)	1,12 ± 0,03
Cebadura (g/porción de 50 g)	0,36 ± 0,01
Mate cocido (g/porción de 3 g)	0,031 ± 0,001

Ácidos clorogénicos y actividad antioxidante

Las sustancias antioxidantes son importantes para el organismo humano por la capacidad de proteger a las macromoléculas biológicas contra el daño oxidativo. Entre los antioxidantes más conocidos figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, flavonoides como quercetina, luteolina, kaempferol, naringenina, catequinas, etc., así como antocianinas, carotenoides, ácidos fenólicos como ácidos cafeico, ferúlico, gálico, clorogénico (Larson, 1997).

La actividad antioxidante de un producto puede ser profundamente modificada durante el procesamiento, almacenamiento o por las prácticas de cocción a las cuales son sometidos los alimentos. La capacidad antioxidante de los polifenoles depende en gran medida del número y disposición de grupos hidroxilos y de la presencia de dobles enlaces, como así también de los sustituyentes presentes (Cao *et al*, 1997).

Entre los compuestos fenólicos presentes en las especies de *Ilex*, y en la yerba mate en particular (Filip *et al*. 2001), destacan los ácidos clorogénicos. Se trata de una flavona, el ester entre el ácido cafeico y el ácido quínico, unidos a través del carbono 3 (Fig. 2).

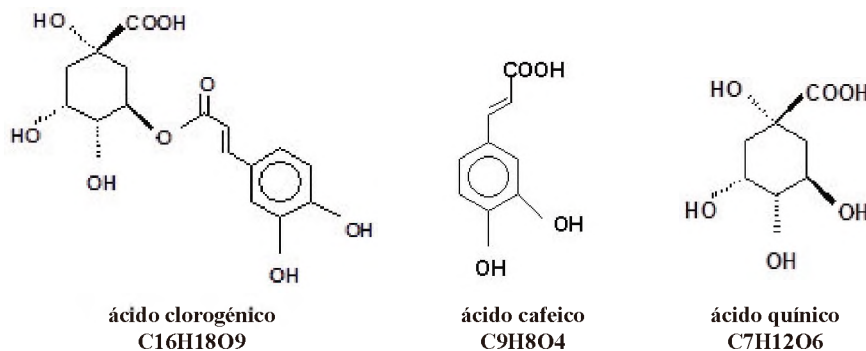


Figura 2. Estructuras químicas de los ácidos clorogénico, cafeico y quínico.

El ácido clorogénico es el derivado más importante del ácido cinámico presente en frutos, siendo el compuesto fenólico simple predominante (Robards *et al*, 1999). Tiene una capacidad antioxidante relativamente alta debido al grupo fenólico, la que parece verse incrementada por la presencia del grupo quinato (Larson, 1997).

El ácido clorogénico se encuentra en numerosas especies vegetales y sus frutos. Es considerado un antioxidante natural e inhibe la hemólisis¹ (Ohnishi *et al*, 1994), presentando además actividad colerética² (Veit & Gumbinger, 1993). Es el sustrato principal de la enzima oxidante responsable del pardeamiento en manzanas, peras y duraznos, cuando se cortan o magullan sus tejidos y se exponen a la acción del aire. Se halla presente también en el café junto con sus isómeros, los ácidos isoclorogénicos y neoclorogénicos (con la unión éster en el C5), en valores comprendidos entre 4 y 8%, y es responsable de las propiedades de amargor y al momento del tostado influencia en el aroma (Hart & Fischer, 1984).

Avanza *et al*. 1981 informaron el contenido de ácido clorogénico en *I. paraguariensis*, el cual se halla comprendido en un rango entre 8-15%. Otros autores reportan un valor de 10% de ácido clorogénico en plantas de yerba mate (Leprevost, 1987).

Chaves *et al*. 2000 han reportado las variaciones en este metabolito trabajando con hojas molidas provenientes de las distintas etapas del proceso (verde, zapecada, presecada y canchada). Los mismos autores (Chaves *et al*. 2002), trabajando con *Ilex paraguariensis* y sus infusiones, concluyeron que el mate cocido supera en actividad antioxidante al té verde y al té negro. Para estas determinaciones se utilizó el método del radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidracilo) en solución metanólica (Brand Williams *et al*, 1995). Trabajando con muestra comercial de yerba mate y sus extractos, Maiocchi (2012) obtuvo los resultados que se presentan en la tabla 3. La actividad antioxidante (AAO) se expresa en g de ácido clorogénico equivalente al incluir otros biocompuestos con actividad antioxidante.

Tabla 3

	ÁCIDOS CLOROGÉNICOS	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE
Yerba mate (g/100 g)	14,73 ± 0,57	16,48 ± 1,20
Cebadura (g/porción)	3,12 ± 0,11	4,47 ± 0,33
Mate cocido (g/porción)	0,29 ± 0,02	0,45 ± 0,04

1 *Hemólisis*: fenómeno por el cual los glóbulos rojos de la sangre son degradados con expulsión de la hemoglobina que contienen en su interior.

2 *Colerético*: que estimula la producción de bilis.

Minerales

La composición mineral de *Ilex paraguariensis* aplicando métodos modernos comenzó a conocerse gracias a Delfino (1990) y Tenorio Sanz & Torrija Isasa (1991). En el primer trabajo mencionado fue analizada la extractabilidad de hierro y manganeso mediante simulación de cebadura, mientras que en el segundo fue medida la composición mineral en droga cruda. Más tarde, Ramallo *et al.* (1997) determinaron el contenido de calcio, hierro, magnesio, potasio y sodio en cebadura.

En términos generales, los resultados de estos trabajos concuerdan con los informados para la misma especie por Maiocchi *et al.* (2002), que además realizan un estudio comparativo de la composición química elemental con la congénera *I. dumosa*.

Las cenizas, pueden considerarse como los óxidos metálicos que quedan como residuo sólido del tratamiento de muestras a temperaturas de entre 600 y 650°C durante unas tres horas. El análisis de las cenizas del material vegetal y las infusiones ha permitido obtener el contenido mineral y determinar los aportes de la dieta. En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de cenizas, la tabla 5 contiene los correspondientes a los macro elementos (sodio, potasio, calcio y magnesio) y micro elementos (hierro, manganeso, cobre y cinc).

Tabla 4: Cenizas

CENIZAS	
Yerba mate (g/100 g)	6,59 ± 0,12
Cebadura (g/porción)	1,63 ± 0,05
Mate cocido (g/porción)	0,106 ± 0,002

Tabla 5: Macro y micro elementos

ANALITO	YERBA MATE mg / 100g material	CEBADURA mg por porción	MATE COCIDO mg por porción
Sodio	6,7 ± 0,3	2,88 ± 0,12	0,19 ± 0,01
Potasio	1299 ± 32	760,7 ± 39,5	35,52 ± 1,01
Calcio	836 ± 18	7,55 ± 0,12	1,23 ± 0,01
Magnesio	716 ± 8	131,3 ± 2,7	8,33 ± 0,27
Hierro	47 ± 0,7	1,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
Manganeso	60 ± 2	13,84 ± 0,17	0,92 ± 0,05
Cobre	0,47 ± 0,03	0,2619 ± 0,005	0,013 ± 0,001
Cinc	4,3 ± 0,3	1,526 ± 0,030	0,06 ± 0,01

Aporte de vitaminas y valor nutricional:

Las vitaminas, son compuestos que participan en los procesos metabólicos de los seres vivos, por su naturaleza proteica son sensibles a los factores de degradación como las altas temperaturas y la exposición a la luz y al oxígeno (Del Valle Argüello & Scipioni, 2015).

Considerando la importancia de éstos compuestos, se presentan en la tabla 6 los aportes que la ingesta de la porción de cebadura y mate cocido representan para la dieta, completado la información el valor energético, proteínas, carbohidratos, grasas, y fibras. (Maiocchi, 2012).

Tabla 6: Aportes de la ingesta de porción de cebadura y mate cocido

PARÁMETROS NUTRICIONALES	UNIDADES	INGESTA DIARIA (1)	CEBADURA (2)	% VD (3)	MATE COCIDO (4)	% VD (3)
Valor energético	Kcal	2000	46,12±5,72	2,02 – 2,59	2,76±0,36	0,12-0,16
	KJ	8400	194,2±24,1		11,62±1,52	
Proteínas	g	46-56	1,31±0,19	2,0 – 3,2	0,08±0,01	0,1-0,2
Grasas totales	g	Indet	0	0	0	0
Colesterol	g	-	0	0	0	0
Carbohidratos	g	130	10,22±1,24	6,8 – 7,0	0,61±0,08	0,4-0,5
Fibra dietaria total	G	25-38	0	0	0	0
Vitamina A	µg	800	84,1±20,05	8-13	5,21±1,6	0,5-1
Tiamina (B ₁)	mg	1,1	0,668±0,159	48-77	0,039±0,009	2,7-4,4
Riboflavina (B ₂)	mg	1,4	0,386±0,137	18-37	0,019±0,007	2-2,3
Niacina (B ₃)	mg	16	1,22±0,35	5,5-10	0,069±0,013	0,3-0,6
Ac. Pantoténico (B ₅)	mg	6	2,03±0,77	21-47	0,129±0,084	1,2-3
Piridoxina (B ₆)	mg	1,3	0,447±0,189	20-49	0,028±0,009	1,2-3
Ácido fólico (B ₉)	µg	200-400	40,43±8,49	8-24,5	2,39±0,84	0,5-1,4
Cianocobalamina (B ₁₂)	µg	2,5	0,454±0,187	11-26	0,025±0,008	0,7-1,6
Ácido L-Ascórbico (C)	mg	80	3,07±0,73	3-4,7	0,179±0,036	0,2-0,3

Referencias: (1) Según DRIs (Dietary Reference Intakes) Nielsen (2003), COT (2003); y otras estimaciones basadas en los requerimientos de hombres y mujeres entre 19 y 50 años de edad. (2) Tamaño de la porción 50g/500mL (3) % del valor dietario (VD) sobre la base de una dieta diaria de 2000 Kcal u 8400 KJ de acuerdo al Reglamento Técnico Mercosur. (4) Tamaño de la porción: 3g/200 mL.

En trabajos recientemente presentados (Maiocchi, *et al*, 2017), se ha valorizado el aporte de la ingesta de mate cocido con leche, para alumnos en edad escolar (3 a 13 años). Los resultados se presentan en la tabla 7.

Tabla 7: Valor Nutricional de Mate cocido (MC), Leche entera (LE) y Mate cocido+Leche entera+Azúcar (MC+Le+Az) por porción (200mL).

PARÁMETROS NUTRICIONALES	UNIDAD	IDR (1)	MC (100 mL)	LE (100 mL)	Az (10g)	MC+LE+Az (200mL)	
						Σ en 200mL	%VD (2)
Valor energético	kcal	1050-2550	1,38	62,8	40,0	104,2±8,8	4,1-9,9
	kJ	4390-10660	5,81	263,9	167,2	436,9±61,7	
Proteínas	G	15,5-44	0,04	3,24	0	3,28±0,11	7,4-21,2
Grasas totales	G	Indet.	0	3,37	0	3,37±1,21	-
Colesterol	Mg	< posible	0	10,3	0	10,3±0,6	-
Carbohidratos	G	130	0,30	5,20	9,95	15,4±0,9	11,8
Fibra dietaria total	g	19-26	0	0	0	0	0
Vitamina A	µg	400-600	0	47,42	0	47,4±5,6	7,9-11,8
Tiamina (B ₁)	mg	0,6-0,9	0,01	0,05	0	0,06±0,01	6,6-10
Riboflavina (B ₂)	mg	0,6-0,9	0,01	0,17	0	0,18±0,03	20-30
Niacina (B ₃)	mg	8-12	0,02	0,09	0	0,11±0,02	0,9-1,4
Ác. pantoténico (B ₅)	µg	3-4	0,03	0,38	0	0,41±0,02	10,2-13,6
Piridoxina (B ₆)	mg	0,6-1	0,01	0,04	0	0,05±0,01	5-8,3
Ác. Fólico (B ₉)	µg	200-300	0,61	5,15	0	5,76±0,86	1,9-2,8
Cianocobalamina (B ₁₂)	µg	1,2-1,8	0,09	0,46	0	0,55±0,06	30,5-45,8
Vitamina C	mg	25-45	0,61	0,99	0	1,60±0,13	3,5-6,4
α-tocoferol (E)	mg	7-11	Nd	0,07	0	0,07±0,01	0,6-1
Vitamina K	µg	55-60	Nd	0,31	0	0,31±0,02	0,5-0,6
Vitamina D	µg	15	Nd	0,03	0	0,03±0,01	0,2
Biotina (B ₇)	µg	12-20	Nd	20,0	0	20,0±3,2	100-166

Referencias: MC: mate cocido; LE: leche entera; Az: azúcar refinada; nd: no detectado; Indet.: indeterminado; porción: una taza mediana (100mL MC+100mL LE+10g Az = 200mL); (1) IDR: ingesta diaria recomendada, cubre necesidades de casi toda la población entre 3 y 13 años, basada en las DRIs (Dietary Reference Intakes, www.nap.edu) y otros (Nielsen 2003, COT 2003); (2) VD%: valor dietario, % de una dieta diaria de 1050-2550 kcal (4390-10660 kJ, FAO 2001).

El mate cocido (MC) por sí mismo no representa un alimento relevante, pero combinado 50:50 v/v con leche entera de vaca y adicionado de 10 g de azúcar refinado constituye un factor importante en la dieta. En efecto, considerando que los escolares deberían ingerir 2 porciones diarias de 200 mL cada una de MC+LE+Az, se duplican los VD indicados en la tabla 7, con lo cual éste se convierte en un alimento de real importancia. Tomando en cuenta que las necesidades energéticas adecuadas para el intervalo etario entre 3 y 13 años (edad escolar) han sido establecidas entre 1050 y 2550 kcal (FAO/WHO, 2001), es destacable que la ingesta indicada proporciona entre el 8-20% de esos valores, en tanto que también proporciona hasta el 42% de las proteínas requeridas, hasta el 23% de los carbohidratos, del 16 a 22% de la vitamina A, 20% de tiamina, 40 a 60% de riboflavina, 20 a 26% de ácido pantoténico, hasta 16% de piridoxina, 60 a 90% de cianocobalamina y duplica o triplica los requerimientos diarios de biotina.

Heterósidos saponínicos

Son sustancias glucosidadas que en solución acuosa manifiestan la formación de espuma, la que permanece en el tiempo. Químicamente se tratan de sustancias formadas por una porción glucosídica (azúcar) y otra no-azúcar denominada genina o aglicona. Se clasifican en dos grandes grupos, dependiendo del núcleo de la genina: triterpénicas y esteroidales. Son muy solubles en agua y al afectar la tensión superficial, también presentan acción detergente y emulsificante.

Algunas saponinas (principalmente las triterpénicas) presentan la propiedad biológica de provocar hemólisis o la de tener efecto antifúngico por la capacidad de acomplejarse con sustancias esteroidales. Las saponinas triterpénicas presentan estructura policíclica, clasificándose de acuerdo con el número de anillos en: saponinas triterpénicas tetracíclicas o pentacíclicas. También se clasifican de acuerdo a la presencia de grupos ácidos y básicos en: saponinas ácidas, neutras o básicas. Otra forma de clasificación es por el número de cadenas de monosacáridos unidos a la genina dando lugar a las saponinas monodesmosídicas, bidesmosídicas o tridesmosídicas.

En el género *Ilex* fueron encontradas hasta el momento saponinas triterpénicas pentacíclicas, monodesmosídicas y bidesmosídicas (Gossmann *et al.* 1989, 1995, Schenkel *et al.* 1995a-b). La mayoría de las saponinas de *I. paraguariensis* son bidesmosídicas, y del análisis cromatográfico se desprende la presencia predominante de saponinas derivadas del ácido ursólico. La acción hemolítica de las saponinas es mayor en estructuras monodesmosídicas con grupo ácido libre. Los test de acción hemolítica con la fracción purificada de saponinas de *I. paraguariensis*, in vitro y sobre cromatogramas resultaron negativos (Romussi *et al.* 1980). López Campaner *et al.* (2000) y Kochol *et al.* (2003, 2004), trabajando con extractos *I. paraguariensis* e *I. dumosa* y fracciones enriquecidas en saponinas, respectivamente, no hallaron evidencia acerca de que su consumo genere alguna alteración hematológica, renal o hepática en las ratas expuestas. Por lo tanto, concluyeron que la ingestión continua de infusiones de saponinas de *I. dumosa* e *I. paraguariensis* utilizando 66mg día⁻¹, equivalente a 17mg por rata por día durante 30 días no resultó deletérea en los animales de experimentación.

El contenido total de saponinas en las hojas de las especies *Ilex dumosa* e *Ilex paraguariensis* está comprendido entre 5 a 10% de materia seca (Brumovsky *et al.* 2015).

Aceites esenciales

Es escasa la información disponible sobre aceites esenciales en el género *Ilex*. Freise (Fester *et al.* 1961) obtuvo hasta 0,35% de rendimiento de esencia levemente dextrógira de $\delta_{20^{\circ}\text{C}}$ (densidad) igual a 0,885 y n_D igual a 1,447 (índice de refracción) en *I. paraguariensis*, en Brasil. Por su parte, Montes (1967) informó haber hallado en yerba mate procesada un contenido en aceite esencial inferior a 0,1%, con más de 60 componentes como ácidos alifáticos, alcoholes terpénicos, bencénicos, furfural, aldehídos y cetonas. Kawakami y Kobayashi (1991) en su trabajo “Volatile Constituents of Green Mate and Roasted mate”, utilizando cromatografía gaseosa (CG), identificaron en *I. paraguariensis* 196 compuestos; 144 de los cuales también están presentes en *Camellia sinensis*, la especie vegetal utilizada para elaborar el té.

Maiocchi *et al.* (2003), reportan rendimientos del orden de 0,05 % en *Ilex paraguariensis* procesada. En la tabla 8 se presentan los componentes identificados con porcentaje de coincidencia superior al 85 % con el patrón del banco de datos del cromatógrafo gaseoso (GC) utilizado, acompañados del tiempo de retención.

Clorofilas

El color verde de hojas y frutas inmaduras se debe a las clorofilas a (verde azulado) y clorofilas b (verde amarillento), que se encuentran generalmente en relación 3:1 en las plantas superiores. Su estructura química se muestra en la Figura 3. Por eliminación del Mg, las clorofilas se transforman en feofitinas a y b, de color verde oliva-parduzco. La sustitución del ión Mg^{2+} por Fe^{2+} y Sn^{2+} da lugar a la formación de productos pardo-grisáceos. Se ha comprobado que durante el proceso industrial, el calentamiento a temperaturas elevadas durante un tiempo breve mantiene mejor el color original del material que tiempos largos y temperaturas bajas (Belitz, 1985).

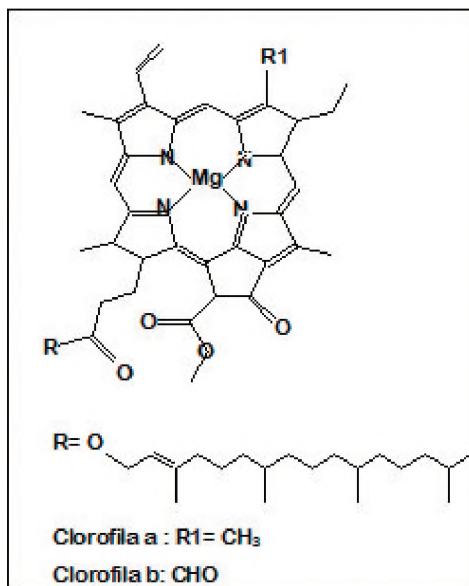


Figura 3. Estructura molecular de las clorofilas.

Tabla 8: Identificación de compuestos en aceite esencial.

Nº REFERENCIA	TIEMPO RETENCIÓN (MIN)	COMPUESTO	Nº REFERENCIA	TIEMPO RETENCIÓN (MIN)	COMPUESTO
1	2,62	furfural	28	19,39	megastigmatrienona
2	3,3	3-hexén-1-ol	29	19,57	3,7,11-trimetil-1-dodecanol
3	5,25	ácido 3-hexenoico	30	19,75	2,6,10-trimetilpentadecano
4	5,55	alcohol bencílico	31	20,05	2-metilhexadecano
5	6,04	ácido 2-hexenoico	32	21,01	2,6,10,14-tetrametilpentadecano
6	6,18	cis-linalóxido	33	21,43	ácido 12-metiltridecanoico
7	6,8	3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol (linalol)	34	21,55	7-metil-6-trideceno
8	7,26	alcohol feniletílico	35	21,64	1-hexadeceno
9	7,73	2-metil-1,3-ciclohexadieno	36	22,37	ácido tetradecanoico
10	8,97	α -terpineol	37	22,39	benzoato de bencilo
11	10,44	3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol (geraniol)	38	23,01	octadecano
12	11,95	2-metoxi-4-vinilfenol	39	23,95	6,10,14 trimetil-2-pentadecanona
13	11,98	anhídrido ftálico	40	24,64	1-nonadeceno
14	13,05	eugenol	41	25,04	nonadecano
15	13,71	2-buten-1-ona	42	25,68	ácido 14-metilpentadecanoico
16	14,08	vainillina	43	26,01	isofitol
17	14,39	3-buten-1-ona	44	26,71	ácido n-hexadecanoico
18	14,84	bencental	45	26,97	éster etilhexadecanoico
19	15,23	6,10-dimetil-5,9-undecadien-2-ona	46	27,03	eicosano
20	15,69	2,5-ciclohexadién-1,4-diona	47	27,61	3,7,11-trimetil-2,6,10-dodecatrien-1-ol
21	16,26	2,6-dimetil-biciclo-(3.1.1)hept-2-eno	48	28,93	ácido 9,12,15-octadecatrienoico
22	16,18	3-buten-2-ona	49	29,13	fitol
23	17,39	5,6,7-trimetil-2(4H)-benzofuranona	50	29,33	éster metiloctadecanoico
24	17,9	3,7,11-trimetil-1,6,10-dodecanotrien-3-ol	51	29,48	ácido 9,12-octadecadienoico
25	18,09	benzoato de 3-hexen-1-ol	52	29,65	2-hidroxi-ciclopentadecanona
26	18,65	hexadecano	53	29,97	éster etilinoico
27	18,84	3,4-dihidro-1-(2H)naftalenona	54	36,42	bis(2-etilhexil)ftalato

Van Loey *et al.* (1998) reportaron que en jugo de “brócoli” (*Brassica oleracea* var. botrytis) sometido a altas presión y temperatura, las feofitinas se degradaron a temperaturas mayores a 70°C. A presión atmosférica y temperaturas iguales o superiores a 70°C, el decaimiento en el color verde ocurrió en dos etapas: la feofitinización, con una energía de activación de unas 71 kJ.mol⁻¹, y la pirofeofitinización con 105 kJ.mol⁻¹.

Durante el proceso industrial de producción de yerba mate, en las etapas de zapecado, presecado y secado, las temperaturas superan los 100°C y los tiempos van del orden de pocos minutos (para zapecado y presecado) hasta 2–3h en el secadero, con variaciones importantes en el contenido de clorofilas (Schmalko & Alzamora 2001).

El estacionamiento acelerado, con temperaturas entre 50-60°C y tiempos hasta 30-40 días, influye en la coloración del material notablemente, siendo éste uno de los efectos deseados. En el estacionamiento natural, en cambio, el tiempo para lograr el mismo cambio en el contenido de clorofilas es de 9-12 meses. Avanza *et al.* (1981), en sus trabajos para la Asociación Promotora de la Yerba Mate (APRYMA), estudiaron la cinética de degradación de las clorofilas a y b, a diferentes temperaturas y granulometría del material. Como resultado obtuvieron que la degradación siga una ley de orden uno con la verificación de los valores de velocidades específicas para distintas temperaturas. Por su parte, no observaron cambios en la degradación al correlacionarlas con la granulometría del material.

Montiel & Avanza (1996) estudiaron la degradación de clorofilas a y b, a distintas temperaturas de almacenamiento, en yerba “tipo Brasil”, informado una energía de activación del orden de los 50 KJ.mol⁻¹.

Similares resultados fueron hallados por Maiocchi & Avanza (2004) al estudiar el estacionamiento acelerado de hojas canchadas de yerba mate. La transformación de clorofilas (a, b) a las correspondientes feofitinas (a, b) aparece inicialmente como una reacción consecutiva, los dos procesos estudiados, se ven fuertemente influenciados por el aumento de temperatura.




BIBLIOGRAFÍA:

- Anesini, C.; Ferraro, G. & R Filip. 2005. Peroxidase-like activity of *Ilex paraguariensis*. Food Chemistry 97 (3): 459-464.
- Avanza, J.; J. Brioux & M. Gómez Vara. 1981. Investigaciones sobre la tecnología de la yerba mate. Informe N°2. APYMA (Asociación Promotora de la Yerba Mate). Buenos Aires.
- Bastos, D.H.M.; Fornari, A.C.; De Queiroz, Y.S. & E.A.F.S. Torres. 2006. Bioactive compounds content of chimarrão infusions related to the moisture of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) leaves. Brazilian Archives of Biology & Technology 49: 399-404.
- Belitz, G. 1985. Química de los alimentos. Acribia. Zaragoza. 938 p.
- Bertoni, M.H.; Vigo, M.S.; Gomes, R.G.; Prat Kricun, S.D.; Känzig, R.G. & Y.P. Catáneo. 1991. Hojas frescas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. -I. Composición química general en función del grado de desarrollo (joven, intermedio y maduro) y de la época de cosecha para tres clones. Anales de la Sociedad Química Argentina 79 (6): 269-276.
- Bertoni, M.H.; Prat Kricun, S.D.; Känzig, R.G. & Y.P. Catáneo. 1993. Hojas frescas de especies de *Ilex* (Aquifoliaceae) -IV. Composición química general de hojas de *Ilex dumosa* e *Ilex brevicuspis*. Influencia del proceso de elaboración de "Yerba mate" sobre algunos valores de composición. Anales de la Sociedad Química Argentina 81 (1): 1-8.
- Bracesco, N.; Sanchez, A.G.; Contreras, V.; Menini, T. & A. Gugliucci. 2011. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. Journal of Ethnopharmacology 136: 378-384.
- Brand Williams, W.; Cuvelier, M.E. & C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie 28: 25-30.
- Bixby, M.; Spieler, L.; T Menini & A. Gugliucci. 2005. *Ilex paraguariensis* extracts are potent inhibitors of nitrosative stress: A comparative study with green tea and wines using a protein nitration model and mammalian cell cytotoxicity. LifeSci 77: 345-358.
- Brumovsky, L.; Sánchez Boado, L. & A. Thea. 2015. Aportes nutricionales y propiedades biológicas de la yerba mate. Cap. 12. En: Schmalko, M.; Prat Krikun, S. & R. Känzig (Eds.). La yerba mate. Tecnología de la Producción y Propiedades. Editorial Universitaria. Posadas, Misiones, p. 271-313.
- Cao, G.; Sofic, E. & R.L. Prior 1997. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids; structure-activity relationship. Free Radical Biology and Medicine 22: 749-760.
- Chaves, M.; Maiocchi, M.; Sgroppo, S. & J. Avanza. 2000. Poder antioxidante de infusiones de *Ilex paraguariensis* e *Ilex dumosa*, su relación con el contenido de ácidos clorogénicos y condiciones de procesamiento. XXIII Congreso Argentino de Química. Corrientes, p. 21.
- Chaves, M.; Maiocchi, M.G.; Sgroppo, S. & J. Avanza. 2002. Poder antioxidante de infusiones de *Ilex paraguariensis* (St. Hil.). Revista de Información Técnica 3: 1-8.
- Coelho, G.C. 2000. Variabilidade morfológica e química da erva-mate. En: 2° Congresso Sul-Americano da Erva-Mate e 3° Reunião Técnica da Erva-Mate. Anais. Edigraf. Porto Alegre, Brasil, p. 125.
- COT (Committee on Toxicity of Chemicals in Food). Total diet study of twelve elements (COT 2003/39), p.5-6, 2003. En: <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/TOX-2003-39.PDF> (Fecha de consulta 3/2016).

- Comisión Reguladora de la Producción y Comercio de la Yerba Mate (CRYM). 1971. La Yerba Mate. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Buenos Aires. 40 p.
- Delfino M, 1990. Extractabilidad de hierro y manganeso en yerba mate en condiciones de consumo. Revista FACENA 8: 122-130.
- Del Valle Argüello, B. & G. Scipioni. 2015. Composición Química II. Cap. 10. En: Schmalko, M.; Prat Krikun, S. & R. Känzig (Eds.). La yerba mate. Tecnología de la Producción y Propiedades. Editorial Universitaria. Posadas, Misiones.
- Esmelindro, M.C.; Toniazzo, G.; Waczuk, A.; Dariva, C. & D. Oliveira. 2002. Caracterização físico-química da erva mate: influência das etapas do processamento industrial. Ciência e Tecnologia de Alimentos 22 (2).
- FAO. Food energy – methods of analysis and conversion factors, Report of a technical workshop Rome, 3–6 Dec. 2002, 87 p., 2003.
- FAO. Human Energy Requirements. Expert consultation. Roma, FAO/WHO, 2001.
- Fester, G.; Martinuzzi, E.; Retamar, J. & A. Ricciardi. 1961. Aceites esenciales de la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias: Córdoba, p. 40-41.
- Filip, R.; Lotito, S.; Ferraro, G. & C. Fraga. 2000. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. Nutritional Research 20: 1437-1446.
- Filip, R.; López, P.L.; Giberti, G.C.; Coussio, J. & G. Ferraro. 2001. Phenolic compounds in seven South American *Ilex* species. Fitoterapia 72 (7): 774-8.
- Gosmann, G.; Schenkel, E. & O. Selinmann. 1989. A new saponin from maté, *Ilex paraguariensis*. Journal of Natural Products 52 (6) 1367-1370.
- Gosmann, G.; Gillaume, D.; Taketa, A. & E. Schenkel. 1995. Triterpenoid saponins from *Ilex paraguariensis* (St. Hil.). Journal of Natural Products 58 (3): 438-441.
- Gugliucci A, 1996. Antioxidant effects of *Ilex paraguariensis*: induction of decreased oxidability of human LDL *in vivo*. Biochemical and Biophysical Research Communications 224 (2): 338-44.
- Hart, F.J. & H.J. Fisher. 1984. Análisis moderno de alimentos. Acribia. Zaragoza, España. 619 p.
- Heck, C.I. & E.G. Mejía. 2007. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. Journal of Food Science 72: 138-151.
- IRAM (Instituto Argentino de Normalización). 2010. Norma IRAM N° 20516, 2° ed., Yerba Mate Canchada, Definición y características básicas. IRAM. Buenos Aires, Argentina.
- Jacques, R.A.; Freitas, L.S.; Pérez, V.F.; Dariva, C.; Oliveira, A.P.; Oliveira, J.V. & E.B. Caramao. 2007. The use of ultrasound in the extraction of *Ilex paraguariensis* leaves: A comparison with maceration. Ultrasonics Sonochemistry 14 (1): 6-12.
- Kawakami, M. & A. Kobayashi. 1991. Volatile constituents of green mate and roasted mate. Journal of Agricultural and Food Chemistry 39: 1275-1279.
- Kochol, R.; Malgor, L.; Verges, E.; Valsecia, M.; Mendoza, L. & M. Maiocchi. 2003. Estudio de efectos adversos de extractos de saponinas obtenidas de *Ilex paraguariensis* y de una nueva especie de yerba mate: *Ilex dumosa* Reiss. Reuniones de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional del Nordeste. M-034.





--Kochol, R.; Malgor, L.; Verges, E.; Valsecia, M; Mendoza, L. & M. Maiocchi. 2004. Estudio de efectos adversos de extractos de saponinas obtenidas de *Ilex paraguariensis* y de una nueva especie de yerba mate: *Ilex dumosa* Reiss. Reuniones de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional del Nordeste. M-086.

-Larson, R. 1997. Naturally occurring antioxidants. CRC Press LLC, Boca Raton, EE.UU. p. 119.

-Leprevost, A. 1987. Química e Tecnología da Erva Mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hill). Boletín Técnico 53. Instituto de Tecnología do Paraná 1: 2-18.

-López Campanher, A.; Malgor, L.; Valsecia, M.; de Markowsky, M.E. & L. Mendoza. 2000. Estudio de las acciones farmacológicas de una especie de yerba mate: *Ilex dumosa* Reiss. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional del Nordeste. M 027.

-Lunceford, N. & A. Gugliucci. 2005. *Ilex paraguariensis* extracts inhibit AGE formation more efficiently than green tea. *Fitoterapia* 76: 419-427.

-Maiocchi, M.; Moyano, S.; Martínez, L. & J. Avanza. 2002. Estudio comparativo del contenido de minerales en *Ilex paraguariensis* e *Ilex dumosa*. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional del Nordeste. Resumen E-102.

-Maiocchi, M.; Ocampo, A. & J. Avanza. 2003. Estudio comparativo de aceites esenciales de *Ilex paraguariensis* e *I. dumosa* procesadas. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional del Nordeste. Resumen E-064.

-Maiocchi, M. & J. Avanza. 2004. Degradación de clorofilas y feofitinas a diferentes temperaturas en *Ilex dumosa* e *Ilex paraguariensis*. Universidad Nacional del Nordeste. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional del Nordeste. E-085.

-Maiocchi, M.G.; Téves, M.; Del Vitto, L.A.; Avanza, M.V. & E.M. Petenatti. 2011. Comparative physicochemical parameters of infusions (“mate”) of two species of *Ilex*. *Biocell* 35: 54.

-Maiocchi, M. 2012. Optimización del proceso de producción de *Ilex dumosa* para la obtención de infusiones y su caracterización farmacobotánica y farmacognóstica- Estudio comparativo con *Ilex paraguariensis*. Tesis de Doctorado en Ciencias Químicas. Universidad Nacional del Nordeste. 196 p.

-Maiocchi, M.G.; Del Vitto, L.A.; Petenatti, M.E.; Marchevsky, E.J.; Avanza, M.V.; Pellerano R.G. & E.M. Petenatti. 2016. Multielemental composition and nutritional value of “*dumosa*” (*Ilex dumosa*), “yerba mate” (*I. paraguariensis*) and their commercial mixtures in different forms of use. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo* 48 (1): 145-159.

-Maiocchi, M.; Corrales, L.; Cardoso-Schiavi, P.; Serrano, N.; Petenatti, E.; Marchevsky, E. & L. Del Vitto. 2017. Parámetros físico-químicos de muestras comerciales de yerba mate en saquitos y valor nutricional del “mate cocido con leche” para la población en edad escolar. VII Congreso Sul-Americano da Erva-Mate, p. 453-459.

-Marx, F.; Janssens, M.J.J.; Urfer, P. & R. Scherer. 2003. Caffeine and theobromine composition of mate (*Ilex paraguariensis*) Leaves in five plantations of Misiones, Argentina. *Plant Foods for Human Nutrition* 58: 1-8.

-Montes, A.L. 1967. Bromatología. Eudeba (Editorial Universitaria de Buenos Aires). Buenos Aires, Argentina. 536 p.

-Montiel, G. & J. Avanza. 1996. Estabilidad del color en yerba mate elaborada. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional del Nordeste. Tomo IV Ciencias Exactas y Tecnológicas 7: 121-124.

- Nielsen, F.H. 2003. Boro, manganeso, molibdeno y otros oligoelementos. En: Bowman, B.A. & R.M. Russell (Eds.), Conocimientos actuales sobre nutrición, 8ªed. OPS, Washington, EE.UU. 592 p.
- Ohnishi, M.; Morishita, H.; Iwahashi, H.; Toda, S.; Shirataki, Y.; Kimura, M. & R. Kido. 1994. Inhibitory effects of chlorogenic acids on linoleic acid peroxidation and hemolysis. *Phytochemistry* 36: 579-583.
- Pagliosa, C.M.; Pereira, S.M.; Vieira, M.A.; Costa, L.A.; Teixeira, E.; de MC Amboni R.D. & E.R. Amante. 2009. Bitterness in yerba mate (*Ilex paraguariensis*) leaves. *Journal of Sensory Studies* 24 (3): 415-426.
- Ramallo, L.A.; Smorzewski, M.; Valdez, E.; Paredes, A. & M. Schmalko. 1997. Composición química del extracto acuoso de yerba mate. En: I Congresso Sul-Americano da Erva-Mate. Anais da EMBRAPA, p. 411-412.
- Ramírez-Mares, M.V.; S. Chandra & G. Mejía. 2004. *In vitro* chemopreventive activity of *Camellia sinensis*, *Ilex paraguariensis* and *Ardisia compressa* tea extracts and selected polyphenols. *Mutation Research* 554 (1-2) 53-65.
- Reissmann, C.B.; Radomski, M.I. & R.M. Bianchini De Quadros. 1999. Chemical composition of *Ilex paraguariensis* St. Hil. under different management conditions in seven localities of Parana State. *Brazilian Archives of Biology & Technology* 42: 187-194.
- Robards, K.; Prenzler, P.; Tucker, V.; Swatsitang, P. & W. Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66: 401-436.
- Sambiassi, A.; Escalada, A. & M. Schmalko. 2002. Extraction optimization of soluble compounds of yerba mate. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45: 189-193.
- Schenkel, E.; Gosmann, G.; Heinzmann, B.; Montanha, J; Athayde, M. & A. Taketa. 1995a. Saponinas em espécies do género *Ilex*. En : Erva-Mate. Biología e Cultura no Cone Sul. Editora da Universidade, UFRG. Porto Alegre, Brasil, p. 251-256.
- Schenkel, E.P.; Athayde, M.L.; Giberti, G.C. & D. Guillaume. 1995b. A new saponin from *Ilex argentina*. *Acta Farmacéutica Bonaerense* 14: 217-221.
- Scherer, R.; Urfer, P.; Mayol, M.R.; Belingheri, L.D.; Marx, F. & M.J.J. Janssens. 2002. Inheritance studies of caffeine and theobromine content of mate (*Ilex paraguariensis*) in Misiones. *Euphytica* 126: 203-210.
- Schinella, G.; Fantinelli, J.C. & S.M. Mosca. 2005. Cardioprotective effects of *Ilex paraguariensis* extract: evidence for a nitric oxide-dependent mechanism. *Clinical Nutrition* 24 (3): 360-366.
- Schmalko, M. & S. Alzamora. 2001. Color, chlorophyll, caffeine and water content variation during yerba mate processing. *Drying Technology* 19: 599-610.
- Tenorio Sanz, M.D. & M.E. Torija Isasa. 1991. Elementos minerales en la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 41: 441-454.
- Van Loey, A.; Ooms, V.; Weemaes, C; Van den Broek, I; Ludikhuyze, L; Indrawati, S.; Denys, S. & M. Hendricks. 1998. Thermal and pressure degradation of chlorophyll in broccoli (*Brassica oleracea* L. *italica*) juice: a kinetic study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 5289-5294.
- Viera, C. & O. Sabbatella. 2011. Validación de métodos para medir sólidos solubles extraídos durante el consumo de yerba mate en forma de mateada. En: 5º Congreso Sudamericano de la Yerba Mate. Misiones, Argentina, p. 184-188.