

# El cacao y la salud humana: propiedades antioxidantes del cacao nicaragüense y productos alimenticios comercializados

Sara Negaresh<sup>1</sup> e Iván Marín<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se analizaron la cantidad y actividad de antioxidantes en granos de cacao procedentes de tres regiones cacaoteras del país y de productos comerciales nacionales e importados. Se empleó el método de Folin-Ciocalteu para la cuantificación de polifenoles y el método DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) para la determinación de la actividad antioxidante. Se logró demostrar *in vitro* que el cacao presenta una mayor concentración de polifenoles libres y solubles (130-185 µg/ml) en comparación con los polifenoles totales (30-39 µg/ml). Su actividad antioxidante es levemente más alta que la de granos de cacao cosechados en otras regiones del mundo. No se observó una relación lineal entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante. Se logró determinar una diferencia, hasta en 50 unidades, entre el contenido de polifenoles en granos de cacao fresco vs. polifenoles en granos de cacao almacenado. Esta investigación constituye un estudio piloto en el ámbito centroamericano.

**Palabras clave:** Polifenoles, flavonoides, radicales libres, estrés oxidativo

## ABSTRACT

This study developed analysis of antioxidants in three geographical regions and commercial products made from cocoa beans. It was developed in the period from February to October 2010. We used the Folin-Ciocalteu method for quantification of polyphenols and the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), method for determination of antioxidant activity. It was possible to demonstrate *in vitro* that cocoa grown in the study area has a higher concentration of free and soluble polyphenols (130-185 mg / ml) compared to the total polyphenols (30-39 mg / ml). Its antioxidant activity is slightly higher compared to cocoa beans harvested in Asia and Africa. There was no linear relationship between the polyphenol content and antioxidant activity. It was possible to determine a difference, up to 50 units of the polyphenol content between the fresh or stored cocoa beans. It is a pilot study in the Central American area. No es necesario actualizar el resumen en inglés. La versión que aquí se presenta incorpora la observación.

**Keywords:** polyphenols, flavonoids, free radicals, oxidative stress

## INTRODUCCIÓN

El consumo de productos derivados del cacao ha generado debate entre consumidores, investigadores, organismos reguladores y compañías compradoras de cacao en relación con su impacto en la salud humana (Franco et al. 2004, Usmani et al. 2005). Investigaciones han demostrado que el consumo de alimentos con contenidos altos de polifenoles se relaciona con la inhibición y prevención de procesos patológicos que llevan al desarrollo de enfermedades como los desórdenes autoinmunes o cáncer. Sin embargo, otros estudios consideran que los polifenoles son moléculas capaces de inducir el proceso de muerte celular programada y, en consecuencia, la proliferación de enfermedades (Ramos 2007).

Los polifenoles de interés en el cacao son los del grupo de flavonoides, como las catequinas (37%), antocianinas (4%) y procianidinas (58%) (Wollgast 2000). Farmacológicamente, los flavonoides, se destacan por su baja toxicidad y elevada acción antioxidante, y su capacidad de inhibir la peroxidación lipídica al reducir radicales libres y quelar metales (Tráncito 2002). Por estas propiedades, el cacao está vinculado con la prevención del estrés oxidativo, desequilibrio biológico y alteración de la función celular originada por enfermedades degenerativas como la aterosclerosis, cardiopatías, enfermedades neurológicas y cáncer (Siels et al. 2005).

La población nicaragüense, a lo largo de su historia, ha utilizado los granos de cacao como materia prima para la elaboración de alimentos y bebidas típicas. A pesar del impacto histórico y socioeconómico del consumo de cacao, a nivel nacional no se cuenta con información sobre las propiedades bioquímicas del grano de cacao nicaragüense. El presente estudio determinó analíticamente el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante de los granos de cacao cosechado en tres regiones del país y en ciertos productos comerciales elaborados a partir de granos de cacao. La información generada es de utilidad para explorar nuevas oportunidades en nichos de mercado especializados en el cacao fino o de aroma, lo cual permitiría a los productores cacaoteros competir en el mercado por diferenciación de precios y no por volumen.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo

Las muestras de cacao fueron obtenidas de diversas fincas ubicadas en tres regiones del país (Cuadro 1). Se tomaron muestras de cacao de 24 árboles en total, todos del tipo trinitario. De cada finca visitada se muestreó un árbol, excepto en Granada, en donde se tomaron cuatro muestras en la misma finca. La selección de los árboles en las plantaciones se hizo a partir del historial de productividad, madurez y estado fitosanitario. Se seleccionaron los árboles con alta productividad (más de 35 granos por mazorca) y con un buen historial de tolerancia a enfermedades. Cada árbol fue etiquetado y referenciado satelitalmente con un GPS (Garmin). De cada árbol se levantó una ficha agroecológica y se colectó la mazorca que a simple vista era la más grande y sana. Para el análisis de laboratorio se emplearon granos de cacao seco sin fermentar.

**Cuadro 1.** Muestras de cacao procedentes de tres zonas de Nicaragua para el análisis de antioxidantes (octubre 2010)

Zona	Cantidad de muestras	Municipio	# Fincas
Río San Juan	9	Los Guatusos	3
		El Castillo	6
		Nueva Guinea	5
Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS)	11	Muelle de los Bueyes	3
		Rama	3
		Nandaime	1
Total	24	6	21

Además, se muestrearon nueve productos comerciales elaborados a base de cacao, provenientes de diferentes países, comercializados localmente y con registro sanitario extendido por el Ministerio de Salud de Nicaragua. Según la Ley 182 y la Norma Técnica sobre el etiquetado de alimentos del Ministerio de Fomento a la Industria, es posible usar productos registrados para fines de investigación que indiquen los riesgos o beneficios a la salud humana por el uso o disfrute del producto. Se evaluaron cinco muestras de cacao en polvo de las marcas: Johnnys, Cocoa Dulce, Nesquik, Choco Choco, Cocoa Maya y cuatro muestras de chocolates de las marcas: Hersheys, Cacao Criollo de Venezuela, Chocovic y El Castillo del Cacao.

### Preparación de la muestra

Tanto los granos de cacao como los productos comerciales analizados en este estudio fueron sometidos al mismo proceso químico analítico en el Laboratorio de BIOciencia de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN), sede de Managua. Los análisis se realizaron en octubre del 2010.

### Secado

Todas las muestras de los granos de cacao y sin fermentar fueron secadas a 65°C por 16 horas en un horno eléctrico (Precision, LabMechanics). Se utilizaron dos tipos de granos: los granos recién extraídos de una mazorca fresca (granos frescos) y granos secos que tenían ocho meses de estar almacenados, sin fermentar (granos almacenados) (Cuadro 2). Cada grano fue macerado en un mortero hasta obtener partículas finas; luego se pesaron 10 mg de muestra para los procedimientos de extracción tanto de cacao pulverizado como de los productos comerciales elaborados a base de cacao (Osman et al. 2004).

### Extracción de polifenoles

El cacao contiene polifenoles totales unido a otras estructuras como azúcares, y polifenoles libres y solubles cuyos enlaces no se encuentran ocupados por otras estructuras. Este hecho obligó a tratar las muestras con dos métodos de extracción. Para los polifenoles totales, a cada muestra se le añadió 1,3 ml de 1,2 M de ácido clorhídrico (HCl), posteriormente las muestras fueron incubadas a baño María a 42°C por 30 minutos; se centrifugaron a 1400 rpm. De cada muestra se extrajo 500 µl de sobrenadante al cual se le añadió 800 µl de 50% metanol. Para la extracción de polifenoles libres y solubles, se le añadió a cada muestra 1,3 ml de 50% metanol, luego se incubó en el horno a 65° C por 30 minutos; las

muestras se centrifugaron a 1400 rpm. (Osman et al. 2004). El sobrenadante fue utilizado en la medición.

### Cuantificación de polifenoles

La cuantificación de polifenoles se hizo con el método de Folin-Ciocalteu (F-C), usando el ácido gálico (Sigma) como estándar (Yu-Tang et al. 2007). Los extractos fueron diluidos dos veces para los polifenoles totales y cinco veces para los polifenoles libres y solubles. A 20 µl de extracto se añadió 40 µl del reactivo de F-C junto con 940 µl de 0,4 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Las muestras fueron incubadas en baño María a 42°C por 9 minutos. La absorbancia de las muestras se midió en un BIOespectrofotómetro Shimatzu a 765 nm y los resultados se expresaron en equivalentes de ácido gálico (µg/ml AG).

### Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los granos de cacao fue determinada con el método de DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Los extractos se diluyeron dos veces para los polifenoles totales y cinco veces para los polifenoles libres y solubles. Se tomó 50 µl de extracto y se añadió 450 µl de 50 mM de Tris-HCl junto con 900 µl del reactivo DPPH (Sigma). Luego, las muestras se dejaron reposar a temperatura ambiente por 30 minutos. La absorbancia se midió con un BIOespectrofotómetro Shimatzu a 517 nm. Los resultados se expresaron como porcentaje de decoloración del radical DPPH (actividad antioxidante) utilizando la fórmula de Othman et al. (2007):

$$\% \text{Decoloración DPPH} = 1 \frac{Am - Abm}{DPPH} \times 100$$

Am= absorbancia de la mezcla de reacción (DPPH + extracto)

Abm= absorbancia del blanco de la muestra (extracto + agua)

DPPH= absorbancia de DPPH

## RESULTADOS

### Contenido de polifenoles totales

El 63% de las muestras mostraron tendencia a acumular valores de polifenoles totales por encima de la media (37 µg/ml). El mejor y peor resultado (muestras 1 y 23) se obtuvieron en una misma región (Nueva Guinea) con diferencia de hasta seis veces entre el valor más alto y el de menor concentración de polifenoles totales. Las muestras de la región de Granada arrojaron rangos con valores intermedios con tendencia a bajos, a pesar de que el análisis de la determinación de polifenoles totales se desarrolló en granos frescos y secos.

**Cuadro 2.** Cuantificación y actividad antioxidante de polifenoles totales

Zona	Tipo de muestra	CPT (µg/ml)	AA (%)	CPLS (µg/ml)	AA (%)
Nueva Guinea Paraisito	Granos almacenados	60	78,11	142,5	80,68
Rama Ciudadela	Granos almacenados	57	63,81	162,5	80,77
Río San Juan Los Guatusos	Granos almacenados	56	85,12	114	83,26
Rama Julio Buitrago	Granos almacenados	51	68,49	132,5	80,1
Muelle de los Bueyes Pintada I	Granos almacenados	51	55,27	117,5	66,75
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	49	82,68	150	85,55
Muelle de los Bueyes Las Maravillas	Granos almacenados	49	54,73	122,5	70,89
Granada Mombacho	Granos fresco	49	48,95	230	79,81
Rama Muelle Real	Granos almacenados	48	49,39	137,5	70,1
Río San Juan Los Guatusos	Granos almacenados	43	73,53	100	71,67
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	42	58,74	132,5	72,22
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	40	78,96	125	85,69
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	39	82,26	170	85,55
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	38	83,97	135	84,83
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	37	71,1	110,1	80,25
Río San Juan El Castillo	Grano almacenado	33	69,09	120	74,53
Río San Juan Los Guatusos	Granos almacenados	30	78,25	160	85,4
Granada	Grano fresco	29	43,72	207,5	70,38
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	28	38,32	70	29,90
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	26	67,38	97,5	69,38
Granada Mombacho	Grano fresco	24	42,16	170	88,10
Granada Mombacho	Grano fresco	19	31,53	132,5	61,84
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	11	61,65	72,5	58,22
Muelle de los Bueyes	Granos almacenados	1	33,51	1	14,42

CPT = concentración de polifenoles totales

CPLS = concentración de polifenoles libres y solubles

AA= actividad antioxidante

En cuanto a la actividad antioxidante proveniente de los polifenoles totales y los polifenoles libres y solubles, los valores más altos se obtuvieron con las muestras de Río San Juan, con una actividad antioxidante mayor al 80% (Cuadros 2 y 3).

### Contenido de polifenoles libres y solubles

El contenido máximo de polifenoles libres y solubles para un grano de cacao fresco correspondió a la muestra STE-AT-01 de Granada (230 µg/ml) y a la muestra mTc CA 25 de Río San Juan (170 µg/ml), para un grano almacenado (Cuadro 2). Al comparar ambos valores, para las dos áreas geográficas, se encontraron diferencias de 60 unidades. Sin embargo, al contrastar los valores de la actividad antioxidante para ambas muestras, el orden fue inverso: una de las muestras de Río San Juan mostró un 85,55% de actividad contra un 79,81% de la muestra de Granada. La muestra de Muelle de los Bueyes, donde se obtuvieron los valores más bajos tanto para el contenido de polifenoles totales como de polifenoles libres, provino de un árbol de la especie *Theobroma bicolor*.

En el Cuadro 3 se presentan los promedios de los análisis de valores antioxidantes por región. El valor promedio registrado para los polifenoles libres y solubles para todas las regiones fue mayor a los polifenoles totales en hasta cuatro veces su valor. Al comparar estos valores con los obtenidos de los productos comerciales elaborados a base de cacao, se evidenció una concentración de polifenoles libres y solubles de menos de la mitad en los productos comerciales (Cuadros 3 y 4). Al comparar el valor promedio del contenido de polifenoles libres y solubles (141µg/ml) de todas las regiones geográficas con las muestras comerciales (24 µg/ml) la diferencia es de casi 6 veces su valor. Sin embargo, esta

proporción de diferencia no se mantiene cuando comparamos la actividad antioxidante cuya diferencia es de apenas 8 unidades (Cuadro 3).

Al contrastar los valores promedio para las muestras de granos frescos (Granada, 185µg/ml) con las muestras de granos almacenados de las otras dos regiones (120 µg/ml), la diferencia es de 65 unidades. Pero dicha distancia se reduce cuando comparamos la actividad antioxidante (75%) de las muestras de Granada con las otras dos regiones (72,5%). Los valores de polifenoles libres y solubles registrados en los productos comerciales variaron entre 9 y 50 µg/ml con una diferencia de cinco veces entre el valor máximo (Cocoa Maya) y mínimo (barra de chocolate Chocovic). En cuanto a la actividad antioxidante, la diferencia es de apenas dos veces. Al comparar los productos comerciales en polvo solamente, la diferencia entre el mayor y el menor valor en la concentración de polifenoles libres y solubles osciló entre 2 y 3 veces y la actividad antioxidante también fue más o menos similar. Sin embargo, hay una marcada diferencia en ambos valores para las concentraciones obtenidas en las barras de chocolate (Cuadro 4).

### DISCUSIÓN

Desde el punto de vista fitoquímico, los polifenoles libres y solubles son los más importantes ya que son más reactivos frente a los radicales libres debido a que sus grupos de hidroxilos no se encuentran enlazados con otras moléculas. Esto les confiere una alta capacidad de donar electrones o capturar los electrones desapareados, susceptibles de provocar daños celulares. Por otro lado, los polifenoles totales son representados por moléculas cuyos grupos químicos reactivos se encuentra asociados a proteínas, polisacáridos o proteínas, lo cual dificulta su posibilidad de captura de electrones agresivos. Esto hace que los polifenoles totales sean menos atractivos para la actividad antioxidante, en comparación con sus pares los polifenoles libres y solubles.

De las 24 muestra analizadas, las de Nueva Guinea presentaron los valores de polifenoles totales más altos (60 µg/ml) y más bajos (11 µg/ml) (Cuadro 2). Ambas muestras provienen de la misma zona geográfica pero de diferentes fincas. El mismo fenómeno se observó al comparar el contenido de polifenoles totales en muestras de cacao fresco recolectadas en Granada (49 µg/ml máximo y 19 µg/ml mínimo). Esto demuestra que la influencia del ambiente no es tan decisiva en la manifestación de la concentración de polifenoles totales. Muy probablemente, esta variabilidad se asocia con a

**Cuadro 3.** Valor medio de concentración de polifenoles según procedencia de las muestras

Zona	Número de muestras	CPT (valor medio µg/ml)	CPLS (valor medio µg/ml)	AA (%)
Granada	4	30	185	75
Río San Juan	9	39	130	81
RAAS	11	39	109	64
Promedio		36	141	74,4
Productos comerciales	10	13	24	66

CPT = concentración de polifenoles totales  
 CPLS = concentración de polifenoles libres y solubles  
 AA= actividad antioxidante

**Cuadro 4.** Cuantificación y actividad antioxidante de polifenoles libres y solubles de productos comerciales derivados del cacao

Producto	País de elaboración	Estado físico	CPLS (µg/ml)	Actividad antioxidante (%)
Cocoa Maya	Nicaragua	Polvo	50	76,65
Cacao Criollo	Venezuela	Barra de chocolate	38,5	86,38
El Castillo del Cacao	Nicaragua	Barra de chocolate	32,5	78,61
Choco Choco	México	Polvo	24,5	78,58
Johnnys	Costa Rica	Polvo	18,5	70,63
Cocoa Dulce	Costa Rica	Polvo	16,5	65,33
NesquikNestle	Brasil	Polvo	15,5	57,44
Hersheys	USA	Barra de chocolate	10,5	43,8
Chocovic, Jade	Venezuela	Barra de chocolate	9	38,86

otro tipo de parámetros de constitución genética y de manejo pre y postcosecha.

Las muestras de Río San Juan obtuvieron, en la actividad antioxidante, un porcentaje igual o mayor al 80% para los polifenoles totales y libres. Durante la toma de muestras, los árboles presentaban una alta incidencia de monilia; es muy probable que la presencia de dicho patógeno estimule en la planta, como mecanismo de defensa, un conglomerado de moléculas con alto potencial antioxidante con la intención de contrarrestar el daño ocasionado por el patógeno (Gutiérrez 2002).

Por otra parte, el contenido de polifenoles libres y solubles en granos frescos (Granada) y almacenados (Río San Juan y RAAS) fue menor en los primeros. Esto nos permite suponer que el tiempo de almacenaje no hace que se pierdan polifenoles libres y solubles. La tendencia natural es que el contenido de antioxidantes libres y solubles disminuya gradualmente desde que la mazorca es cortada hasta que el grano es secado y almacenado. No obstante, es recomendable no almacenar por mucho tiempo el grano de cacao, ya que la capacidad antioxidante sí disminuye ante la incidencia de la luz y la exposición al oxígeno (aire) o humedad.

La muestra mTc MB 36 (Cuadro 2) constituye un caso digno de mención. Esta muestra corresponde a un grano de *Theobroma bicolor*, una especie de cacao con semillas color crema y alto contenido de grasa. Hay una marcada diferencia entre el contenido de antocianinos -que también son antioxidantes- entre este tipo de grano y otros de pigmentación oscura, café o violeta. Esto está determinado por la constitución genética del tipo de cacao. El bajo contenido de polifenoles totales y solubles (1 µg/ml) y su baja actividad antioxidante se corroboró en el presente estudio.

Las plantas de cacao tienen una tendencia natural, determinada por sus rutas metabólicas, de producir mayor cantidad de polifenoles libres y solubles que polifenoles totales (Cuadro 3) -la diferencia puede ser hasta 4 veces mayor-. Autores como Hannun y Erdnam (2000) y Porter et al. (1991) confirman que el cacao y el chocolate tienen concentraciones variables de flavonoides. Aunque dichos polifenoles no son exclusivamente antioxidantes, dentro de ellos hay alrededor de 500 compuestos asociados a aroma y sabor, propiedades requeridas en el cacao fino (Frauendorfer y Schieberle 2006, Luna 2002).

Al comparar el valor promedio por regiones (Cuadro 3) del contenido de polifenoles libres y solubles con las muestras comerciales se obtuvo una diferencia redondeada de 6 veces. Este hecho confirma la aseveración de Wollgast (2000), en cuanto a que los procesos de postcosecha, secado, fermentación, almacenamiento y transporte del grano de cacao, al igual que los procesos industriales (tostado, tratamiento alcalino) de producción de chocolate disminuyen el contenido de polifenoles libres y solubles. Sin embargo, dicha diferencia no se mantiene cuando comparamos la actividad antioxidante debido a que, durante el proceso de elaboración de los productos comerciales, se agregan otros compuestos como azúcares que aportan grupos OH extras que se comportan como agentes antioxidantes.

El estudio permitió confirmar que no hay una correspondencia lineal entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante (Cuadro 3). Esto quiere decir que no es de esperar que a mayor contenido de polifenoles haya una mayor actividad antioxidante. Tal es el caso de Granada, que mantiene una concentración de polifenoles de 185 µg/ml pero manifiesta una actividad antioxidante de 75%, muy por debajo de la reportada

para Río San Juan (81%). El grupo de moléculas que constituyen los polifenoles es muy variado y su respuesta antioxidante depende del tipo de molécula. No todos los polifenoles reaccionan con el mismo ímpetu para generar una contundente actividad antioxidante. En el caso en que coincidan un valor alto de polifenoles con una alta actividad antioxidante (Cuadro 2, muestra STE-AT-04), esto se debe a que el grupo de moléculas que conforman el valor del polifenol tiene propiedades de ceder electrones con facilidad para generar una respuesta antioxidante.

En los productos comerciales, el valor de la actividad antioxidante no se corresponde linealmente con la concentración de polifenoles libres y solubles (Cuadro 4) debido a que en el proceso de elaboración del chocolate se añaden preservantes o azúcares que contribuyen al incremento de la actividad antioxidante. Estas moléculas exógenas poseen grupos OH que incrementan el potencial antioxidante de manera artificial. Es por eso que en la muestra 2 (cacao criollo, Venezuela) del Cuadro 4, observamos que a pesar de tener un bajo contenido de polifenoles libres y solubles su actividad antioxidante es alta. Desde el punto de vista de la salud es recomendable consumir chocolate con el mayor grado de pureza y menor contenido de azúcar. Hoy en día se comercializa este tipo de chocolate lo que ofrece nuevas oportunidades de negocios a los productores, dirigidas a un mercado gourmet o fino con énfasis en propiedades nutricionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Franco, OH; Bonneus, L; de Laet, C; Peeters, A; Steyerberg, EW; Mackenbach, JP. 2004. The polymeal: a more natural, safer, and probably tastier (than the polypill) strategy to reduce cardiovascular disease by more than 75%. *BMJ* 329:1447-1450.
- Frauendorfer, F; Schieberle, P. 2006. Identification of the key aroma compounds in cocoa powder based on molecular sensory correlations. *J. Agric. Food Chem.* 54: 5521-5529.
- Gutiérrez Maydata, BA. 2002. Chocolate, polifenoles y protección a la salud. *Acta Farm. Bonaerense* 21(2): 149-52.
- Hannum, SM; Erdman, JW. 2000. Emerging health benefits from cocoa and chocolate. *J. Med. Food* 3:73-5.
- Luna, F; Crouzillat, D; Cirou, L; Bucheli, P. 2002. Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3527-3532.
- Osman, H; Nasarudin, R; Lee, SL. 2004. Extracts of cocoa (*Theobroma cacao* L.) leaves and their antioxidation potencial. *Food Chemistry* 86: 41-46.
- Othman, A; Ismail, A; Ghani, NA; Adenan, I. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content in cocoa beans. *Food Chemistry* 100:1523-1530.
- Porter, LJ; Ma, Z; Chan, B. 1991. Cacao procyanidins: major flavonoids and identification of some minor metabolites. *Phytochemistry* 30:1657-63.
- Ramos, S. 2007. Effects of dietary flavonoids on apoptotic pathways related to cancer chemoprevention. *Journal of Nutritional Biochemistry* 18: 427-442.
- Siels, H; Schewe, T; Heiss, C; Kelm, M. 2005. Cocoa polyphenols and inflammatory mediators. *The American Journal of Clinical Nutrition* 81: 304S-312S.
- Tráncito, M. 2002. Fitoterapia: Flavonoides. *OFFARM* 21(4): 108-114.
- Usmani, OS; Belvisi, MG; Patel, HJ; Crispino, N; Birrell, MA; Korbonits, M. 2005. Theobromine inhibits sensory nerve activation and cough. *FASEB J.* 19:231-233.
- Wollgast, JA. 2000. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International* 33: 423-447.
- Yu-Tang, T; Jyh-Horng, W; Yueh-Hsiung, K; Shang-Tzen, C. 2007. Antioxidant activities of natural phenolic compounds from *Acacia confusa* bark. *Bioresource Technology* 98: 1120-23.

En comparación con otros países productores y exportadores de cacao, la actividad antioxidante del cacao de Nicaragua es positiva. Según Othman et al. (2007), en Malasia, Ghana y Costa de Marfil se encontraron valores de 67, 74 y 71%, respectivamente, en tanto que para este estudio, el valor medio fue de 74,4%. Sin embargo, en algunas regiones de Nicaragua (Cuadro 2) se encontraron árboles que superan ampliamente ese. Dichos genotipos podrían constituirse en el material vegetativo a reproducir en un programa de mejoramiento genético.

## RECOMENDACIONES

Los resultados presentados en este estudio son parte de un primer ensayo experimental sobre las propiedades bioquímicas del cacao nacional. La información generada podría brindar las pautas a futuras investigaciones que permitan vincular el contenido de polifenoles totales y libres presentes en el cacao con las diferentes regiones cacaoteras del país y así construir el perfil del mapa bioquímico del cacao nicaragüense. Recomendamos realizar muestreos representativos en las distintas zonas de producción para la caracterización del contenido de polifenoles y asociarlas a marcadores moleculares de ADN para desarrollar un programa de mejoramiento genético.

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación contó con el apoyo financiero de *ICCO & Kerk in Actie*.