

# Bibliometric Visualization and Research Trends in the Cocoa Area Worldwide. Period 2011-2016

Samuel Villanueva<sup>a,\*</sup>, Cristóbal Vega<sup>b,c</sup> Magaly Henríquez<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Dirección Técnica, Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación. Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.*

<sup>b</sup>*Instituto de Matemática y Cálculo Aplicado (IMYCA), Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.*

<sup>c</sup>*Laboratorio de Química Computacional, Centro de Química, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela.*

**Abstract.-** This work aims to determine research trends, co-authors-country relations, and the structure of knowledge in the cocoa area worldwide through the bibliometric analysis; additionally mapping of the documents contained in the database of the main collection Web of Science® for the period 2011–2016. Countries, research institutions, knowledge areas and leading journals were determined according to the amount of documents generated. The knowledge structure was developed and visualized using the VOSviewer software. 1294 documents were published by 86 countries through 587 journals at an average annual growth rate of 10.93%. The United States leads worldwide in production and scientific collaboration. As for the most prolific research institutions, CIRAD was the principal, followed by the Santa Cruz State University (UESC) and the United States Department of Agriculture (USDA). Genetics, fermentation, agroforestry, cocoa processing and nutrition are the 5 sub-themes that make up the map of knowledge of the cocoa area. The terms related to bacteria, “insulin resistance”, “cardiovascular disease”, flavonols and flavanols of cocoa, etc. are the ones with the greatest impact.

**Keywords:** cocoa; bibliometric maps; co-words analysis; co-authorship analysis; research trends; knowledge structure.

## Visualización Bibliométrica y Tendencias de Investigación en el Área de Cacao a Nivel Mundial. Periodo 2011-2016

**Resumen.-** Este estudio tiene como objetivos determinar las tendencias de investigación, las relaciones de coautoría-país y la estructura del conocimiento en el área de cacao a nivel mundial a través del análisis; adicionalmente, el mapeo bibliométrico de los documentos contenidos en la base de datos de la colección principal Web of Science® para el periodo 2011-2016. Los países, instituciones de investigación, áreas de conocimiento y revistas líderes fueron determinados según la cantidad de documentos generados. La estructura del conocimiento fue elaborada y visualizada empleando el software VOSviewer. 1294 documentos fueron publicados por 86 países a través de 587 revistas a una tasa de crecimiento anual promedio de 10.93%. Estados Unidos lideró a nivel mundial en producción y colaboración científica. En cuanto a las instituciones de investigación más prolíficas el CIRAD fue el principal, seguido de la Universidad Estatal de Santa Cruz (UESC) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Genética, fermentación, agroforestal, procesamiento de cacao y nutrición son los 5 subtemas que integran el mapa del conocimiento del área del cacao. Los términos relacionados a bacterias, “resistencia a la insulina”, “enfermedad cardiovascular”, flavonoles y flavanoles del cacao, etc son los de mayor impacto.

**Palabras clave:** cacao; mapas bibliométricos; análisis de términos; análisis de coautoría; tendencias de investigación; estructura del conocimiento.

Recibido: 25 de octubre, 2019.

Aceptado: 13 de diciembre, 2019.

### 1. Introducción

La aplicación de herramientas bibliométricas para conocer y entender el panorama científico viene desde la década de los 60s [1]. En el

\*Autor para correspondencia:

Correo-e: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com (S. Villanueva)

transcurso de los años, a partir de los datos bibliográficos de las publicaciones científicas, han surgido diversos tipos de análisis y técnicas de visualización de mapas bibliométricos [2]. La visualización del panorama científico o de un área nos permite comprender su desarrollo, identificar el principio y fin de su entorno, su dinámica, cómo interactúan sus actores, el éxito de la aplicación de políticas públicas y construir las bases para poder predecir. Los mapas bibliométricos facilitan una foto, una perspectiva de un todo, que a partir de las relaciones de conceptos, autores, instituciones, países, publicaciones y revistas, responden las preguntas cuándo, dónde, qué y con quién [3]–[8]. Para este estudio, utilizamos el programa VOSviewer [9], el cual trabaja con una variedad de fuentes de datos como Web of Science, Scopus, Dimensions, PubMed, Crossref, Europe PMC, etc y construye los mapas bajo el enfoque basado en distancia, es decir, los nodos en una red bibliométrica están posicionados de tal manera que la distancia entre dos nodos indique aproximadamente la relación entre ellos. La revisión de la literatura indicó que existen escasos estudios bibliométricos sobre las tendencias de investigación relacionados al área de cacao [10], los reportados versan sobre tópicos de estudios de mercado [11] producción [12], flavonoides [13] y políticas públicas [14].

## 2. Metodología

Se desarrollo una búsqueda en la base de datos de la colección principal Web of Science® (WoS) usando la ecuación (cacao OR cocoa OR (theobroma cacao)) en el campo título. Los registros fueron recuperados para el periodo 01/01/2011–31/12/2016 y depurados por tipos de documentos. Seleccionando por su impacto los artículos, actas y de revisión. La búsqueda, se realizó en agosto de 2017 y los 1294 registros fueron descargados en formato delimitado por tabulador (Win) considerando “registro completo y referencia citadas”.

La creación, visualización y análisis de los mapas de términos y coautoría fueron realizados a través del programa Vosviewer® versión 1.6.11

considerando para la minería de texto al conjunto de palabras pertenecientes al título y resumen de cada una de las publicaciones. Se utilizó la visualización de superposición y redes para determinar las tendencias de investigación en el área de cacao a nivel mundial.

## 3. Resultados y Discusión

### *Evolución de las publicaciones científicas relacionadas a cacao a nivel mundial*

De la estrategia de búsqueda fueron recuperadas 1294 publicaciones relacionadas a cacao. La Figura 1 muestra una tendencia ascendente polinomial en el periodo de estudio con una tasa de crecimiento anual promedio de 10,93 %. La evolución refleja el interés sostenido y la amplia capacidad de innovación de la academia y de las empresas hacia el cacao y sus derivados.

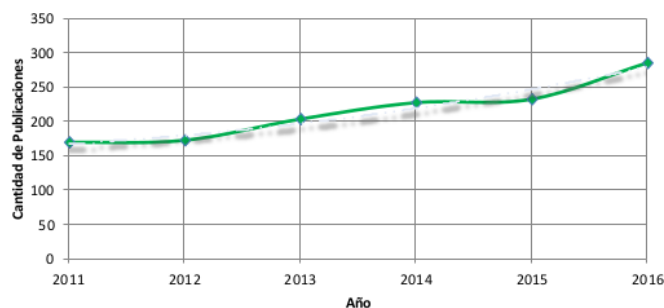


Figura 1: Evolución de las publicaciones científicas sobre cacao a nivel mundial

### *Países más productivos según cantidad de publicaciones científicas relacionadas a cacao*

Con respecto a la producción científica a nivel mundial, Estados Unidos contribuyó con el 17,00 % seguido de Brasil con 15,77 %, España 8,42 %, Francia 7,88 % y Alemania 6,72 %. Las 10 naciones más prolíficas mostradas en la Figura 2 publicaron cada una más de 55 artículos, concentrando un 82,14 % de la producción mundial. En cuanto a Venezuela ocupa el puesto 25 en productividad con 23 publicaciones (1,78 %). La clasificación está integrada por seis países europeos (487; 37,63 %), un país Norteamericano (220; 17,00 %), uno Latinoamericano (204; 15,77 %), uno Asiático (80; 6,18 %) y uno del continente

Africano (72; 5,56%). A excepción de Estados Unidos, todos los países son miembros de la Organización Internacional del Cacao (siglas en Inglés ICCO). De los cuales Brasil, Malasia y Ghana son exportadores y el resto importadores de cacao.

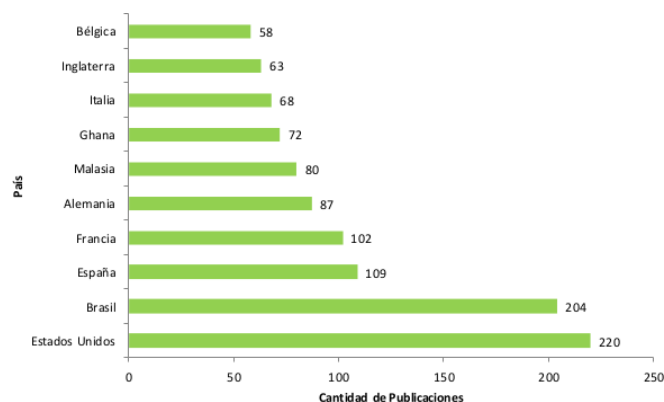


Figura 2: Países más productivos en publicaciones científicas en el área de cacao. Periodo 2011-2016.

### Instituciones de Investigación más productivas

En relación a las instituciones de investigación más productivas según la cantidad de publicaciones, la Figura 3 muestra que cuatro están ubicadas en Norte América, tres en Europa, dos en Latinoamérica y una en África. Específicamente, el Centro de Cooperación de Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD) lidera con el 6,03 %, luego la Universidad Estatal de Santa Cruz (UESC) con 5,56 %, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) con 5,1 %, la Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP) con 3,48 % y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) con el 3,17 %. Dentro de las diez primeras instituciones, seis son multidisciplinarias y tres tienen un perfil agronómico, tal es el caso de las organizaciones CIRAD, USDA y el Instituto de Investigación del Cacao. Por otro lado, el fabricante MARS está en el sexto puesto con 37 registros (2,86 %), sus publicaciones van orientadas hacia la investigación de genética [15, 16, 17], nutricional [18, 19, 20] y agrícola [21]. El CIRAD publicó en los tópicos de manejo agro sustentable [21, 22, 23] y fermentación de los

granos de cacao [24, 25, 26] y el USDA, se enfocó en las áreas de control fitosanitario [27, 28, 29], genética [30, 31, 32] y nutrición [33].

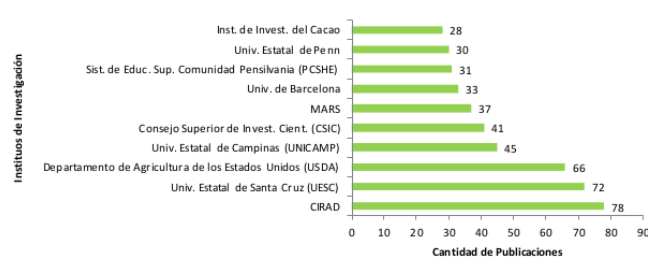


Figura 3: Instituciones de investigación más prolíficas en publicaciones científicas en el área de cacao.

Con respecto a las instituciones venezolanas en el período de estudio (2011–2016), la Universidad Central de Venezuela (UCV) generó 11 documentos (0,85 %) [34, 35, 36, 37] seguida de la Universidad de Los Andes (ULA) con 6 publicaciones (0,46 %) [38, 39, 40] y la Universidad del Zulia (LUZ) con 6 registros (0,46 %) [41, 42, 43, 44].

### Áreas de conocimiento

Los 1294 registros fueron categorizados según las áreas de conocimiento de WoS. Encontrándose, 416 documentos en Ciencia de los Alimentos y Tecnología, 137 en Nutrición y Dietética, 127 en Agronomía, 116 en Química Aplicada y 111 en Ciencias de Plantas. La Figura 4 presenta la distribución de los registros en las diez principales categorías WoS. En ese sentido, resalta que aproximadamente el 32 % de los documentos están orientados a la producción y procesamiento de alimentos, un 11 % en nutrición y un 9 % a la aplicación de las ciencias químicas básicas a la industria de los alimentos. Otro conjunto, representado por un 20 %, se enfocó en la selección, mejoramiento, manejo y tratamiento posterior a la cosecha, así como, a la gestión de suelos y manejo de recursos. Por último, un 4 % hacia la estructura, funciones y las propiedades de los genes y las características de la herencia.

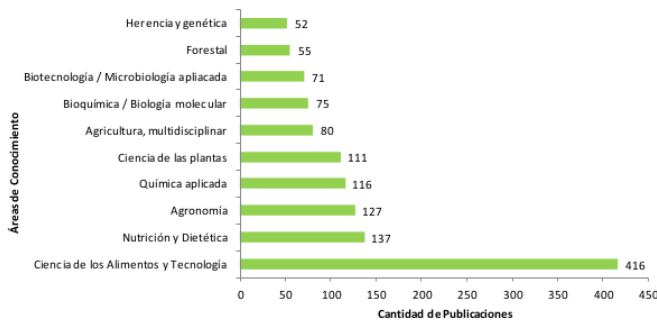


Figura 4: Cantidad de publicaciones científicas sobre cacao según área de conocimiento. Periodo 2011-2016.

*Preferencia de los autores hacia las revistas de difusión*

Con respecto a las preferencias de los autores para la difusión de los resultados de investigación, la Figura 5 muestra las diez principales revistas de un universo de 587 que publicaron documentos relacionados a cacao. El puesto número uno es para la revista canadiense Food Research International (50), seguida de Food Chemistry (36), Agroforestry Systems (34), Journal of Agricultural and Food Chemistry (32), y PLOS ONE (28), etc. En ese sentido, cuatro de ellas son del área de alimentos y procesos, dos de nutrición, dos de agronomía, una de genética y una multidisciplinaria. Las 10 primeras revistas son responsables del 19,47 % de los documentos publicados sobre cacao.

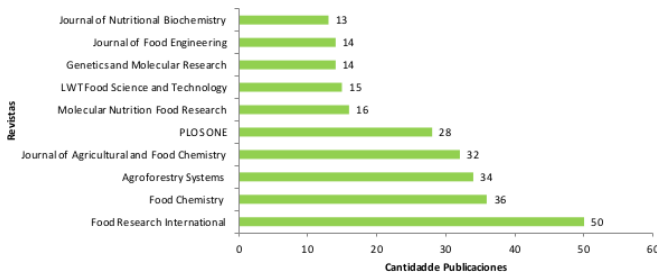


Figura 5: Principales revistas científicas sobre cacao según cantidad de documentos.

*Red de coautoría de países en publicaciones científicas relacionadas a cacao*

Identificados los 86 países que publicaron en el área de cacao, se procedió a determinar los

patrones de colaboración entre ellos. En ese sentido, se construyó y visualizó una red de coautoría empleando como parámetro mínimo, tres documentos por país. El mapa bibliométrico resultante mostró en la Figura 6, las interacciones de cooperación de 59 países para el periodo de estudio.

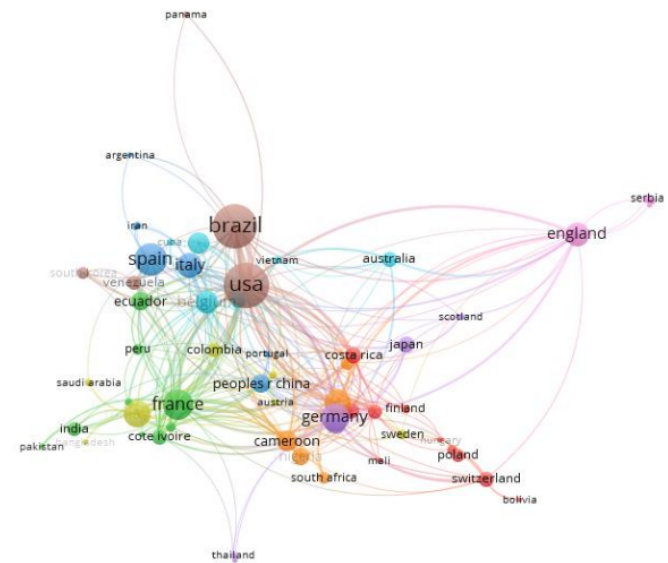


Figura 6: Red de colaboración de países en el área de cacao.

En la red dada en la Figura 6, los países son representados a través de nodos y sus colaboraciones por medio de enlaces. El grosor de la línea es un indicativo de la intensidad de la cooperación y el tamaño de los nodos es proporcional a la cantidad de publicaciones generadas por el actor. El mapa de 59 países está conformado por 9 clúster; a saber en color rojo Bolivia, Costa Rica, Croacia, Finlandia, Hungría, Mali, Trinidad y Tobago, Países Bajos, Polonia y Suiza, luego en verde Costa de Marfil, República Checa, Ecuador, Francia, India, Kenia, Pakistán, Perú y Gales, en azul claro Argentina, Irán, Israel, Italia, China, Portugal y España, en amarillo Austria, Bangladesh, Colombia, Malasia, Nicaragua, Arabia Saudita y Suecia, en morado Alemania, Indonesia, Japón, Nueva Zelanda, Escocia y Tailandia, en azul Australia, Bélgica, Canadá, Cuba, México y Vietnam, en ocre Camerún, Dinamarca, Ghana, Nigeria y Sudáfrica, en marrón Estados Unidos, Brasil, Venezuela,

Corea del Sur y Panamá. Por último, tenemos Inglaterra, Serbia, Taiwán y Turquía en magenta.

En concordancia con la Figura 2, los cinco principales nodos que resaltan por cantidad de documentos son los correspondientes a Estados Unidos, Brasil, España, Francia y Alemania. El análisis realizado a la Figura 7a indicó que el 99% de las publicaciones de Estados Unidos fueron colaborativas y a nivel mundial es el país con la mayor cantidad de interacciones con otras naciones, presentando 36 en total. Su mayor cooperación es con Latinoamérica a través de Brasil, Costa Rica, Trinidad y Tobago, México y Ecuador. Luego con Europa por medio de Francia, Inglaterra, Italia y Alemania. En Asia con Indonesia y Corea del Sur, con el continente africano mediante Camerún y Ghana.

Como muestra la Figura 7b, Brasil interactuó con 25 países y todas sus publicaciones fueron en colaboración, desarrolló una fuerte cooperación en Norteamérica con Estados Unidos y en Europa con Francia, su relación con Latinoamérica fue a nivel intermedio a través de Ecuador, Costa Rica y Nicaragua. Con respecto a Asia y África fue baja y establecida por medio de Japón, Nigeria, Costa de Marfil y Camerún respectivamente. En el caso de España, colaboró con 16 países, todas sus publicaciones fueron en cooperación y a diferencia de Estados Unidos y Brasil, interactuó con Arabia Saudita, Israel e Irán, no tiene trabajos en conjunto con el continente Africano, el enlace más importante que ha presentado con Latinoamérica es a través de Ecuador y Venezuela como lo indica la Figura 7c. Su relación con Norteamérica fue por medio de Estados Unidos y sus interacciones con Europa fueron débiles y visualizadas con Italia, Francia, Portugal, Bélgica, Alemania e Inglaterra.

Por su lado, Francia pertenece a un clúster variado, colaboró con 30 países en la elaboración de 100 documentos (98%), siendo notable su interacción con Latinoamérica mediante Brasil, Costa Rica, Trinidad y Tobago, Venezuela, Colombia, etc. y con África a través de Camerún, Costa de Marfil y Kenia, como se observa en la Figura 7d. La cooperación con Asia fue débil y visible con Malasia, Corea del Sur, China, Tailandia e India, con los países árabes solo ha

sido coautor con Pakistán.

Alemania con 87 documentos y 530 citaciones, interactuó con 31 países, su mayor enlace fue con Indonesia, seguido de Suiza, Estados Unidos, Camerún, Inglaterra y Bélgica según se muestra en la Figura 7e.

Por último, en la Figura 7f se observa la red de coautoría de Venezuela en la elaboración de 23 registros, su mayor cooperación fue con Francia y España, la interacción con los ocho países restantes fue de menor intensidad y de igual magnitud. El total de las citaciones obtenidas fue de 125.

#### *Análisis de coautoría de países vs citaciones normalizadas promedio*

Como muestra la Figura 8, la red de coautoría de países fue superpuesta con las citaciones normalizadas promedio de cada uno con la finalidad de identificar aquellos países con las investigaciones de mayor impacto en el área de cacao. De los diez principales, cinco están ubicados en Europa, dos en Asia, uno en los países Árabes, uno en Oceanía y uno en Latinoamérica. La lista es liderada por Pakistán seguido de Suecia, Irán, Arabia Saudita, Australia, Austria, Inglaterra, Nicaragua, España e Italia. Las investigaciones de Pakistán fueron desarrolladas sobre métodos y dispositivos para la detección y cuantificación de micotoxinas en granos y derivados de cacao [45, 46, 47]. En el caso de Suecia, sus publicaciones en general versan sobre el efecto de los procesos de precrystalización y la adición de partículas sobre la estructura y microestructura de la manteca de cacao [48, 49, 50, 51], aunque todas estas publicaciones son consecuencia de un proyecto de investigación de Svanberg *et al.* Arabia Saudita presentó varios trabajos sobre la revalorización de los residuos de la industria cacaotera [52, 53], sustitutos de la manteca de cacao [54, 55] y nutrición [56, 57]. Australia y col, enfocaron sus investigaciones a mejoramiento genético [58, 59], microbiología [60, 61], buenas prácticas [62], modelos de infestación [63] y nutrición [64, 65, 66]. De Irán resaltó una publicación sobre el uso de un extracto acuoso de semilla de cacao para la síntesis de nanopartículas de Pd/CuO [67]. En cuanto a Latinoamérica, la Tabla 1 presenta los

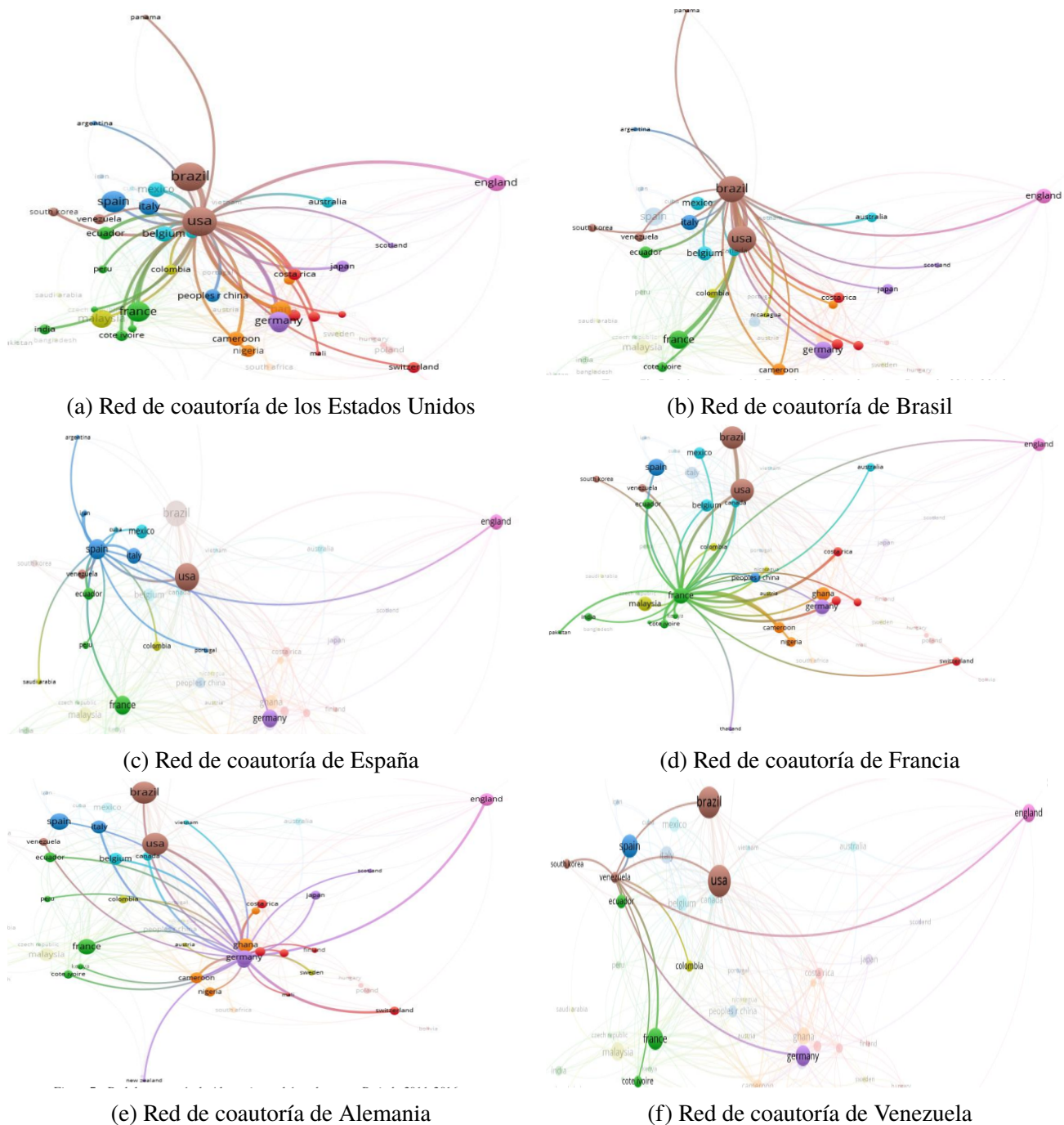


Figura 7: Red de coautoría por países en el área de cacao. Periodo 2011-2016.

países con mayor impacto según promedio de citas normalizadas, ubicándose a Venezuela en el sexto puesto.

*Análisis de coautoría vs año promedio de publicación*

Por otro lado, al superponer la red con el año promedio de publicación como muestra la Figura 9,

resaltan en color amarillo Pakistán, Perú, Turquía, República Checa, Bolivia, Ecuador, Portugal, Cuba, Tailandia, Colombia y Vietnam como aquellos países que han generado más recientemente grupos de publicaciones. Los resultados sugieren que Latinoamérica en comparación con las demás regiones, realizó en los años 2015 y 2016 un papel

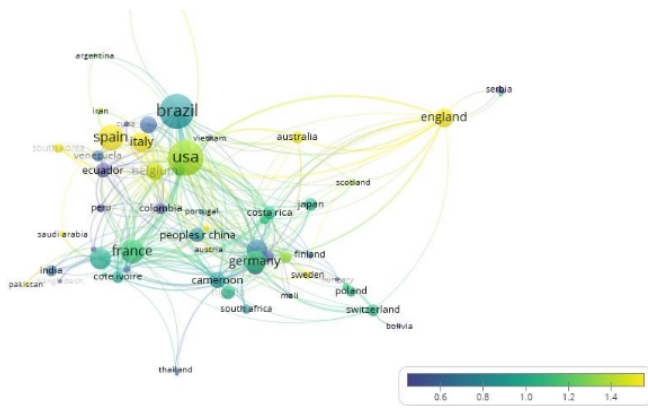


Figura 8: Red de coautoría de países en el área de cacao según promedio de citas normalizadas.

Tabla 1: Países Latinoamericanos con mayor impacto según promedio de citas normalizadas

País	Cantidad de Publicaciones Científicas	Promedio de Citas Normalizadas
Panamá	3	2,22
Nicaragua	7	1,59
Argentina	4	1,22
Costa Rica	30	1,01
Brasil	204	0,85
<b>Venezuela</b>	<b>20</b>	<b>0,66</b>
México	52	0,63
Bolivia	4	0,54
Ecuador	36	0,51
Colombia	22	0,44
Cuba	5	0,36
Perú	14	0,14

internacional más activo al unir fuerzas y converger en intereses con otros países. Además explica que la baja cantidad de citas en sus documentos es consecuencia del corto tiempo de exposición en el ambiente científico global. Comparando la data de las Figuras 8 y 9, resaltan Pakistán, Arabia Saudita, Irán, Italia y Bélgica por su impacto científico y más recientes años promedio de publicación.

*Estructura del conocimiento del área de cacao por análisis de ocurrencias de términos*

Los análisis de ocurrencia y co-ocurrencia sobre los 30.312 términos contenidos en los campos título y resumen de las 1.294 publicaciones, generó el mapa de la Figura 10. La red está conformada por 441 conceptos distribuidos en

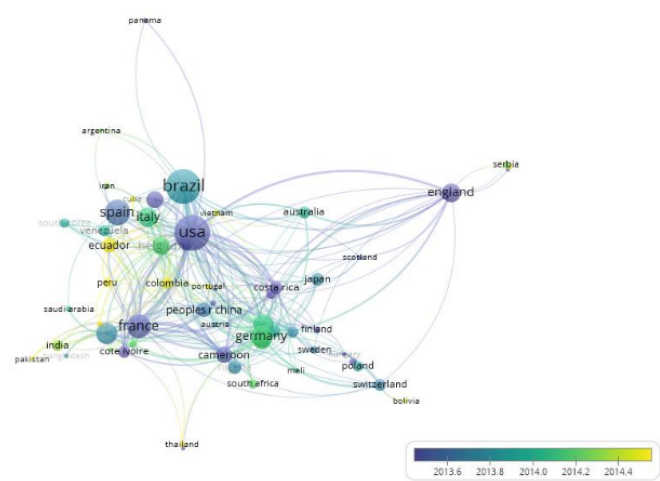


Figura 9: Red de coautoría de países en el área de cacao según año promedio de publicación.

5 subáreas que representan la estructura del conocimiento creado en torno a las investigaciones en el área de cacao y de cómo la mayoría de los investigadores la han concebido. En función de los conceptos agrupados, se identificaron cada uno de los siguientes clústeres: genética (amarillo), fermentación (magenta), agroforestal (azul), procesamiento de cacao (verde) y nutrición (rojo).

La cantidad de palabras por clúster nos permite inferir cuales son las subáreas con mayor cantidad de tópicos, siendo en orden creciente Fermentación con 42 términos < Genética con 70 < Agroforestal con 98 < Procesamiento con 99 < Nutrición con 132 conceptos. De estos los que resaltan según la cantidad de citas normalizadas de las publicaciones de origen son los clústeres de Fermentación y de Nutrición a través de los conceptos de “bacterias del ácido acético”, “Acetobacter pasteurianus”, “bacterias del ácido láctico”, “levadura”, “Saccharomyces cerevisia”, “ácido láctico” y “Lactobacillus fermentum”, etc para el primero y “resistencia a la insulina”, “enfermedad cardiovascular”, “flavonoles y flavanoles del cacao”, “epicatequina”, “efectos beneficiosos”, “prevención”, etc para el segundo como muestra la Figura 11. Por otro lado, los conjuntos con menor impacto son los correspondientes a genética y agroforestal.

Las redes de VOSviewer son visualizaciones





España, Francia y Alemania. No obstante, Europa lidera como bloque (483; 36,63%). En general los países importadores de cacao realizan una mayor actividad científica en comparación a los exportadores.

Con respecto a las instituciones de investigación más prolíficas, el Centro de Cooperación de Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD) encabeza el grupo seguido de la Universidad Estatal de Santa Cruz (UESC), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). La principal área de conocimiento fue Ciencia de los Alimentos y Tecnología, la menor fue Herencia y Genética. De las 587 revistas que publicaron documentos relacionados a cacao, el puesto número uno fue para la revista canadiense *Food Research International*. De los 86 países que publicaron en el área de cacao, 59 trabajaron de forma colaborativa, siendo Estados Unidos el país con mayor cantidad de trabajos en colaboración. La interacción entre países latinoamericanos fue baja, existiendo preferencia hacia otros continentes.

Genética, fermentación, agroforestal, procesamiento de cacao y nutrición son los 5 subtemas que integran la estructura del conocimiento del área del cacao. El entrelazado de los clústeres de genética y agroforestal indica que los investigadores se han enfocado en la correlación de las características genotípicas de los clones y su productividad, así como, de la conservación de la diversidad genética. Los términos relacionados a bacterias, “resistencia a la insulina”, “enfermedad cardiovascular”, flavonoles y flavanoles del cacao, etc son los conceptos de mayor impacto.

## Agradecimiento

Los autores agradecen a la Dra. Melanie Delannoy por la recopilación de la información.

## 5. Referencias

- [1] E. Garfield, I.H. Sher, and R.J. Torpie. *The use of citation data in writing the history of science*. Institute for Scientific Information, Philadelphia, 1964.
- [2] K. Börner, C. Chen, and K.W. Boyack. Visualizing knowledge domains. *Annual Review of Information Science and Technology*, 37:179–255, 2003.
- [3] D. Brüggmann, A. Alafi, J. Jaque, D. Klingelhöfer, M.H. Bendels, D. Ohlendorf, D. Quarcoo, F. Louwen, S.A. Ingles, E.M. Wanke, and D.A. Groneberg. World-wide research architecture of vitamin d research: density-equalizing mapping studies and socio-economic analysis. *Nutrition Journal*, 17(1):1–12, 2018.
- [4] N.J. Van-EckAN and L. Waltman. bibliometric mapping of the computational intelligence field. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 15(5):625–647, 2007.
- [5] Y. Chandra. A Scientometric of ENT 1990-2013, 2015.
- [6] G. Zhang, S. Xie, and Y.S. Ho. A bibliometric analysis of world volatile organic compounds research trends. *Scientometrics*, 83(2):477–492, 2009.
- [7] I. Zupic and T. Čater. Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3):429–472, 2014.
- [8] Y. Wang, N. Lai, J. Zuo, G. Chen, and H. Du. Characteristics and trends of research on waste-to-energy incineration: A bibliometric analysis, 1999–2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66:95–104, 2016.
- [9] N. van Eck and L. Waltman. Software survey: Vosviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84:523–538, 2010.
- [10] J.M. Andrade, E. Ramírez, y A. Orjuela. Vigilancia tecnológica aplicada a la cadena productiva de cacao. *Revista Espacios*, 39(9):33–45, 2017.
- [11] A. Ghoshray. A reexamination of trends in primary commodity prices. *Journal of Development Economics*. *Journal of Development Economics*, 95(2):242–251, 2011.
- [12] S.O. Abang and H.M. Ndifon. Analysis of world cocoa production trends and their production share coefficients (1975-1996). *Nigeria Agricultural Journal*, 33:10–16, 2002.
- [13] F. Perez-Vizcaino and C.G. Fraga. Research trends in flavonoids and health. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 646:107–112, 2018.
- [14] P. Bennell and P. Thorpe. Crop science research in sub-saharan africa: A bibliometric overview. *Agricultural Administratios & Extension*, 25:99–123, 1987.
- [15] S. Royaert, J. Jansen, D.V. da Silva, S.M. de Jesus Branco, D.S. Livingstone III, G. Mustiga, J.-P. Marelli, I. Santos, R.X. Corrêa, and J.C. Motamayor. Identification of candidate genes involved in Witches’ broom disease resistance in a segregating mapping population of *Theobroma cacao* L. in Brazil. *BMC Genomics*, 17:107, 2016.
- [16] A. Purwantara, P. McMahon, A.W. Susilo, S. Sukamto, S. Mulia, A. Nurlaila, A. Saftar, H. bin Purung, S. Lambert, P. Keane, and D. Guest. Testing local cocoa

- selections in Sulawesi: (ii) resistance to stem canker and pod rot (black pod) caused by *Phytophthora palmivora*. *Crop Protection*, 77:18–26, 2015.
- [17] F.A. Feltus, C.A. Saski, K. Mockaitis, N. Haiminen, L. Parida, Z. Smith, J. Ford, M.E. Staton, S.P. Ficklin, B.P. Blackmon, C.H. Cheng, R.J. Schnell, D.N. Kuhn, and J.C. Motamayor. Sequencing of a QTL-rich region of the *Theobroma cacao* genome using pooled BACs and the identification of trait specific candidate genes. *BMC Genomics*, 12:379, 2011.
- [18] J.I. Ottaviani, M. Balz, J. Kimball, J.L. Ensunsa, R. Fong, T.Y. Momma, C. Kwik-Urbe, H. Schroeter, and C.L. Keen. Safety and efficacy of cocoa flavanol intake in healthy adults: a randomized, controlled, double-masked trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 102(6):1425–1435, 2015.
- [19] D. Mastroiacovo, C. Kwik-Urbe, D. Grassi, S. Ne-coziona, A. Raffaele, L. Pistacchio, R. Righetti, R. Bocale, M.C. Lechiara, C. Marini, C. Ferri, and G. Desideri. Cocoa flavanol consumption improves cognitive function, blood pressure control, and metabolic profile in elderly subjects: the cocoa, cognition, and aging (cocoa) study—a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(3):538–548, 2015.
- [20] R. Sansone, A. Rodriguez-Mateos, J. Heuel, D. Falk, D. Schuler, R. Wagstaff, G.G.C. Kuhnle, J.P.E. Spencer, H. Schroeter, M.W. Merx, M. Kelm, and C. Heiss. Cocoa flavanol intake improves endothelial function and framingham risk score in healthy men and women: a randomised, controlled, double-masked trial: the flaviola health study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 114(8):1246–1255, 2015.
- [21] I. Valenzuela, H. Bin Purung, R.T. Roush, and A.J. Hamilton. Practical yield loss models for infestation of cocoa with cocoa pod borer moth, *Conopomorpha cramerella* (snellen). *Crop Protection*, 66:19–28, 2014.
- [22] O. Deheuvelds, J. Avelino, E. Somarriba, and E. Malezieux. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 149:181–188, 2012.
- [23] E. Somarriba, R. Cerda, L. Orozco, M. Cifuentes, H. Dávila, T. Espin, H. Mavisoy, G. Ávila, E. Alvarado, V. Poveda, C. Astorga, E. Say, and O. Deheuvelds. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 173:46–57, 2013.
- [24] A.L. Mayorga-Gross, L.M. Quirós-Guerrero, G. Fournyc, and F. Vaillant. An untargeted metabolomic assessment of cocoa beans during fermentation. *Food Research International*, 89(2):901–909, 2016.
- [25] M. Kumba Koné, S. Tagro Guéhi, N. Durand, L. Bankoffi, L. Berthiot, A. Fontana Tachon, K. Brou, R. Boulanger, and D. Montet. Contribution of predominant yeasts to the occurrence of aroma compounds during cocoa bean fermentation. *Food Research International*, 89(2):910–917, 2016.
- [26] Y. Hamdouche, T. Guehi, N. Durand, K.B. Didier Kedjebo, D. Montet, and J.C. Meile. Dynamics of microbial ecology during cocoa fermentation and drying: Towards the identification of molecular markers. *Food Control*, 48:117–122, 2015.
- [27] R. Sriwati, R.L. Melnick, R. Muarif, M.D. Strem, G.J. Samuels, and B.A. Bailey. *Trichoderma* from Aceh Sumatra reduce *Phytophthora* lesions on pods and cacao seedlings. *Biological Control*, 89:33–41, 2015.
- [28] R.L. Melnick, C. Suárez, B.A. Bailey, and P.A. Backman. Isolation of endophytic endospore-forming bacteria from *Theobroma cacao* as potential biological control agents of cacao diseases. *Biological Control*, 57(3):236–245, 2011.
- [29] R.L. Melnick, M.D. Strem, J. Crozier, R.C. Sicher, and B.A. Bailey. Molecular and metabolic changes of cherelle wilt of cacao and its effect on *Moniliophthora roreri*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 84:153–162, 2013.
- [30] L.A. Motilal, D. Zhang, S. Mischke, L.W. Meinhardt, M. Boccara, O. Fouet, C. Lanaud, and P. Umaharan. Association mapping of seed and disease resistance traits in *Theobroma cacao* L. *Planta*, 244:1265–1276, 2016.
- [31] F.N. Martin, J.E. Blair, and M.D. Coffey. A combined mitochondrial and nuclear multilocus phylogeny of the genus *Phytophthora*. *Fungal Genetics and Biology*, 66:19–32, 2014.
- [32] G.G.L. Costa, O.G. Cabrera, R.A. Tiburcio, F.J. Medrano, M.F. Carazzolle, D.P.T. Thomazella, S.C. Schuster, J.E. Carlsson, M.J. Guiltinan, B.A. Bailey, P. Mieczkowski, G.A.G. Pereira, and L.W. Meinhardt. The mitochondrial genome of *Moniliophthora roreri*, the frosty pod rot pathogen of cacao. *Fungal Biology*, 116(5):551–562, 2012.
- [33] S. Bhagwat, D.B. Haytowitz, S.I. Wasswa-Kintu, and J.M. Holden. USDA Develops a Database for Flavonoids to Assess Dietary Intakes. *Procedia Food Science*, 2(5):81–86, 2013.
- [34] W. Tezara, R. Urich, R. Jaimez, I. Coronel, O. Araque, C. Azocar, and I. Chacón. Does Criollo cocoa have the same ecophysiological characteristics than Forastero? *Botanical Science*, 94(3):563–574, 2016.
- [35] J. De Almeida, W. Tezara, and A. Herrera. Physiological responses to drought and experimental water deficit and waterlogging of four clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) selected for cultivation in Venezuela. *Agricultural Water Management*, 171:80–88, 2016.
- [36] R.H. Gutiérrez, M. Lares, E.E. Pérez, y C. Álvarez. Efecto del tostado sobre el perfil de ácidos grasos de manteca de cacao provenientes de Barlovento-Venezuela, extraída por dos métodos. *Acta Horticulturae*, 1016:119–123, 2014.

- [37] C. Álvarez, E. Pérez, E. Cros, M. Lares, S. Assemat, R. Boulanger, and F. Davrieux. The Use of near Infrared Spectroscopy to Determine the Fat, Caffeine, Theobromine and (–)-Epicatechin Contents in Unfermented and Sun-Dried Beans of Criollo Cocoa. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 20:307–315, 2012.
- [38] L.A. Ramírez Méndez. El cultivo del cacao venezolano a partir de Maruma. *Historia Caribe*, 10:69–101, 2015.
- [39] M. Mazón, F. Díaz, and J.C. Gaviria. Effectiveness of different trap types for control of bark and ambrosia beetles (scolytinae) in criollo cacao farms of Mérida, Venezuela. *International Journal of Pest Management*, 59(3):189–196, 2013.
- [40] O. Araque, R.E. Jaimez, W. Tezara, and I. Coronel. Comparative photosynthesis, water relations, growth and survival rates in juvenile criollo cacao cultivars (theobroma cacao) during dry and wet seasons. *Experimental Agriculture*, 48(4):513–522, 2012.
- [41] R.J. Liendo. Efecto del volteo sobre los perfiles sensoriales del cacao fermentado. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 32:41–62, 2015.
- [42] A Portillo, E Portillo, and L Arenas. Effect of the year and fermentation time on the development of the chemical characteristics of porcelain cocoa. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 31:699–711, 2014.
- [43] E. Portillo, R. Villasmil, A. Portillo, L. Grazziani, E. Cros, S. Assemat, F. Davrieux, y R. Boulanger. Características sensoriales del cacao criollo (Theobroma cacao L.) de Venezuela en función del tratamiento poscosecha. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, Supl. 1:742–755, 2014.
- [44] E Portillo, A Portillo, and L Grazziani. Postharvest treatment effect on the content of theobromine and caffeine in creole cocoa. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 31:801–811, 2014.
- [45] R.K. Mishra, A. Hayat, G. Catanante, G. Istamboulie, and J.-L. Marty. Sensitive quantitation of Ochratoxin A in cocoa beans using differential pulse voltammetry based aptasensor. *Food Chemistry*, 192:799–804, 2016.
- [46] R.K. Mishra, A. Hayat, G. Catanante, C. Ocaña, and J.-L. Marty. A label free aptasensor for Ochratoxin A detection in cocoa beans: An application to chocolate industries. *Analytical Chimica Acta*, 889:106–112, 2015.
- [47] G. Catanante, R.K. Mishra, A. Hayat, and J.-L. Marty. Sensitive analytical performance of folding based biosensor using methylene blue tagged aptamers. *Talanta*, 153:138–144, 2016.
- [48] L. Svanberg, L. Ahrné, N. Lorén, and E. Windhab. Effect of sugar, cocoa particles and lecithin on cocoa butter crystallisation in seeded and non-seeded chocolate model systems. *Journal of Food Engineering*, 104(1):70–80, 2011.
- [49] L. Svanberg, L. Ahrné, N. Lorén, and E. Windhab. Effect of Pre-Crystallization Process and Solid Particle Addition on Cocoa Butter Crystallization and Resulting Microstructure in Chocolate Model Systems. *Procedia Food Science*, 1:1910–1917, 2011.
- [50] L. Svanberg, L. Ahrné, N. Lorén, and E. Windhab. Effect of pre-crystallization process and solid particle addition on microstructure in chocolate model systems. *Food Research International*, 44(5):1339–1350, 2011.
- [51] L. Svanberg, L. Ahrné, N. Lorén, and E. Windhab. Impact of pre-crystallization process on structure and product properties in dark chocolate. *Food Research International*, 114(1):90–98, 2013.
- [52] M.A. Yahya, Z. Al-Qodah, and C.W.Z. Ngah. Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46:218–235, 2015.
- [53] Y.A. El-Shekeil, S.M. Sapuan, and M.W. Algrafi. Effect of fiber loading on mechanical and morphological properties of cocoa pod husk fibers reinforced thermoplastic polyurethane composites. *Materials & Design*, 64:330–333, 2014.
- [54] M.H.A. Jahurul, I.S.M. Zaidul, N.A. Nik Norulaini, F. Sahena, B.Y. Kamaruzzaman, K. Ghafoor, and A.K.M. Omar. Cocoa butter replacers from blends of mango seed fat extracted by supercritical carbon dioxide and palm stearin. *Food Research International*, 65(Part C):401–406, 2014.
- [55] M.H.A. Jahurul, I.S.M. Zaidul, N.A. Nik Norulaini, F. Sahena, M.Z. Abedin, K. Ghafoor, and A.K.M. Omar. Characterization of crystallization and melting profiles of blends of mango seed fat and palm oil mid-fraction as cocoa butter replacers using differential scanning calorimetry and pulse nuclear magnetic resonance. *Food Research International*, 55:103–109, 2014.
- [56] R. Latif. Health benefits of cocoa. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 16(2):669–674, 2013.
- [57] R. Latif. Chocolate/cocoa and human health: a review. *The Netherland Journal of Medicine*, 71(2):63–68, 2013.
- [58] P. McMahon, H. bin Purung, S. Lambert, S. Mulia, Nurlaila, A.W. Susilo, E. Sulistyowati, S. Sukanto, M. Israel, A. Saftar, A. Amir, A. Purwantara, A. Iswanto, D. Guest, and P. Keane. Testing local cocoa selections in three provinces in Sulawesi: (i) Productivity and resistance to cocoa pod borer and Phytophthora pod rot (black pod). *Crop Protection*, 70:28–39, 2015.
- [59] C.S. Ford and M.J. Wilkinson. Confocal observations of late-acting self-incompatibility in Theobroma cacao L. *Sexual Plant Reproduction*, 25(3):169–183, 2012.
- [60] M.V. Copetti, B.T. Iamanaka, J.I. Pitt, and M.H. Taniwaki. Fungi and mycotoxins in cocoa: From farm to chocolate. *International Journal of Food Microbiology*, 178:13–20, 2014.
- [61] V.T. Thuy Ho, J. Zhao, and G. Fleet. Yeasts are essential

- for cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 174:72–87, 2014.
- [62] R. Daniel, J.K. Konam, J.Y. Saul-Maora, A. Kamuso, Y. Namaliu, J.T. Vano, R. Wenani, P. N'nelau, R. Palinruni, and D.I. Guest. Knowledge through participation: the triumphs and challenges of transferring Integrated Pest and Disease Management (IPDM) technology to cocoa farmers in Papua New Guinea. *Food Security*, 3:65–79, 2011.
- [63] I. Valenzuela, H. Bin Purung, R.T. Roush, and A.J. Hamilton. Practical yield loss models for infestation of cocoa with cocoa pod borer moth, *Conopomorpha cramerella* (Snellen). *Crop Protection*, 66:19–28, 2014.
- [64] L. Hooper, C. Kay, A. Abdelhamid, P.A. Kroon, J.S. Cohn, E.B. Rimm, and Cassidy A. Effects of chocolate, cocoa, and flavan-3-ols on cardiovascular health: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95(3):740–751, 2012.
- [65] M.P. Pase, A.B. Scholey, A. Pipingas, M. Kras, K. Nolidin, A. Gibbs, K. Wesnes, and C. Stough. Cocoa polyphenols enhance positive mood states but not cognitive performance: a randomized, placebo-controlled trial. *Journal of Psychopharmacology*, 27(5):451–458, 2013.
- [66] L.A. Masee, K. Ried, M. Pase, N. Travica, J. Yoganathan, A. Scholey, H. Macpherson, G. Kennedy, A. Sali, and A. Pipingas. The acute and sub-chronic effects of cocoa flavanols on mood, cognitive and cardiovascular health in young healthy adults: a randomized, controlled trial. *Frontiers in Pharmacology*, 6, 2015.
- [67] M. Nasrollahzadeh, S.M. Sajadi, A. Rostami-Vartooni, and M. Bagherzadeh. Green synthesis of Pd/CuO nanoparticles by *Theobroma cacao* L. seeds extract and their catalytic performance for the reduction of 4-nitrophenol and phosphine-free Heck coupling reaction under aerobic conditions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 448:106–113, 2015.