

Cacao

BAT

**Boletín de Alerta
Tecnológica**

Boletines de Alerta CNTQ/2022/Nº2

<http://www.cntq.gob.ve/>

Colección de Boletines de Alerta Tecnológica Boletín de Alerta Tecnológica en Cacao. Número 2

Dirigido por:

Dra. Magaly Henríquez
Ing. Jiraleiska Hernández
MSc. Héctor Rodríguez Molina
MSc. Jenny De Almeida

Publicación coordinada por:

Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ)
Caracas – Venezuela

El presente boletín ha sido elaborado bajo los lineamientos de Vigilancia e Inteligencia Tecnológica del Centro Nacional de Tecnología Química, siendo autores del mismo, Magaly Henríquez, Héctor Rodríguez Molina, Jenny De Almeida, Feliyer Aguilera Duarte, Mariana Ríos Bolívar, Rosana Sánchez Robleda, Dayana Barrios Castro, Michelle Cuccillo Martínez, Suez Montes Rodríguez y Cecilia Naranjo Rebolledo, con la colaboración de Sebastián Cestari.

Título: Boletín de Alerta Tecnológica en Cacao

Autores: Magaly Henríquez, Héctor Rodríguez Molina, Jenny De Almeida, Feliyer Aguilera Duarte, Mariana Ríos Bolívar, Rosana Sánchez Robleda, Dayana Barrios Castro, Michelle Cuccillo Martínez, Suez Montes Rodríguez y Cecilia Naranjo Rebolledo

Colaboradores: Sebastián Cestari

Edita: Centro Nacional de Tecnología Química

Revisión y edición técnica: Samuel Villanueva, Jiraleiska Hernández, Héctor Rodríguez Molina y Jenny De Almeida

Imagen de portada: Héctor Rodríguez Molina

Ilustraciones: Alejandro Campero

© de los textos: Los autores

Web: <http://www.cntq.gob.ve>

ISBN: 978-980-7531-02-3

Depósito legal: MI2019000423

Publicación electrónica, Caracas 2022

Audiencia

El presente boletín va dirigido a emprendedores, empresas, universidades, agricultores, institutos y centros de investigación, instituciones del Estado, así como, cualquier organización que está interesada en los desarrollos tecnológicos en el área del cacao.

Índice general

Resumen ejecutivo	5
Introducción	6
Capítulo 1. Genética, mejoramiento genético (Protocolos de certificación, calidad, valor ecofisiológico, productividad y resistencia a plagas)	7
1.1 Publicaciones científicas	8
Capítulo 2. Manejo agrosustentable (Riego eficiente, manejo integrado de fertilidad, planificación estratégica para la fundación de nuevas plantaciones, líneas de I+D+i del manejo del Agro)	21
2.1 Patentes	22
2.2 Publicaciones científicas	22
2.3 Trabajos de grado	32
Capítulo 3. Manejo integrado de plagas	38
3.2 Publicaciones científicas	39
3.3 Trabajos de grado	50
Capítulo 4. Poscosecha, procesamiento e innovación tecnológica	55
4.1 Patentes	56
4.2 Publicaciones científicas	59
4.3 Trabajos de grado	71
Observaciones finales	76

Resumen ejecutivo

Descriptor: Boletín de alerta tecnológica, genética, mejoramiento genético, poscosecha, manejo agrosustentable, manejo integrado de plagas, *Theobroma cacao* L.

Resumen: El Boletín de Alerta Tecnológica en Cacao número dos (02), tiene como objetivo informar a los productores, empresarios, investigadores científicos y a la comunidad en general de ciencia y tecnología, a nivel nacional e internacional, las actividades de Vigilancia e Inteligencia Tecnológica (VIT), que se llevan a cabo desde la Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación del Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ) bajo la gestión actual del MSc. Héctor Rodríguez. La información contenida en este documento recopila los avances tecnológicos de vanguardia en el área del cacao y se ha estructurado en cuatro (4) capítulos: Genética, mejoramiento genético; Manejo agrosustentable; Manejo integrado de plagas y Poscosecha, procesamiento e innovación tecnológica, mediante la búsqueda en lo referente a publicaciones científicas, patentes y tesis de grado en distintas plataformas de bases de datos disponibles en la web correspondientes al año 2021. La organización y análisis de los datos es de exclusividad de los investigadores del CNTQ.

Descriptors: Technological alert bulletin, genetics, and genetic improvement, postharvest, agrosustainable management, integrated pest management, *Theobroma cacao* L.

Summary: The Cocoa Technological Alert Bulletin number two (02), aims to inform producers, businessmen, scientific researchers and the science and technology community in general, nationally and internationally located, about the activities of Surveillance and Technological Intelligence, which were accomplished by the Research, Development and Innovation Project Management of the National Center for Chemical Technology (CNTQ) under the current management of the MSc. Héctor Rodríguez. The information contained in this document compiles technological advances in the cocoa area and has been structured into four (4) chapters: Genetics, genetic improvement; Agro-sustainable management; Integrated pest and Postharvest management, processing and technological innovation, by searching for scientific publications, patents and theses in different database platforms available on the web corresponding to the year 2021. The organization and analysis of the data it is the exclusive property of the CNTQ researchers.

Introducción

Los Boletines de Alerta Tecnológica (BAT) ponen a disposición del lector la información científica y técnica más actualizada sobre una determinada disciplina, identificando las principales tendencias tecnológicas con el objetivo de facilitar a los interesados la toma de decisiones de I+D+i en la inversión de un determinado producto y/o mercado, definir estrategias económicas, planificación de proyectos que impliquen capital de riesgo y fondo de inversión, además conocer las empresas que están innovando en el área de interés. Conocer el acontecer científico-tecnológico mediante los BAT, es de gran utilidad para los emprendedores, ya que, pueden asegurarse de que su idea es original y no ha sido puesta en práctica, también explorar el sector a nivel de mercado y evaluar su evolución. A las instituciones públicas y privadas dedicadas al ámbito de la investigación les permite actualizarse, anticiparse a los cambios y promover las políticas necesarias para el desarrollo y promoción de un sector y/o producto de interés nacional e internacional.

El Centro Nacional de Tecnología Química tiene entre sus objetivos promover y estimular la investigación científica y el desarrollo tecnológico que permita una comunicación efectiva entre los diferentes actores de la industria, la academia y la comunidad, así como, transmitir información para orientar la actividad investigadora, a través de su "Colección de Boletines de Alerta Tecnológica", en este caso en cacao, el cual es un importante rubro de exportación para el país, de alto interés para los productores, empresarios, académicos, emprendedores y demás actores dedicados a su cultivo.

Este segundo boletín dedicado al cacao, de forma similar al anterior boletín realizado por el CNTQ, recopila durante todo el año 2021, una selección de 104 documentos de publicaciones científicas, patentes y tesis de grado, a nivel internacional y nacional. Para ello, se consultaron las bases de datos [Dimensions](#), [The Lens](#) y [La Referencia](#), mediante la combinación de palabras claves en ecuaciones de búsquedas relacionadas con cacao, correspondientes al periodo de estudio. A fin de facilitar la lectura, el Boletín de Alerta Tecnológica en Cacao número dos (02) se estructura en cuatro capítulos: Genética y mejoramiento genético; Manejo agrosustentable; Manejo integrado de plagas y Poscosecha, procesamiento e innovación tecnológica.

Capítulo 1

Genética, mejoramiento genético (protocolos de certificación, calidad, valor ecofisiológico, productividad y resistencia a plagas)

1.1 Publicaciones científicas

Resumen

Este capítulo contiene 20 publicaciones científicas, las cuales están orientadas al mejoramiento genético del cacao (*Theobroma cacao* L.) que ha sido determinante para obtener avances notables en términos de productividad como: calidad, prueba de resistencia, capacidad antioxidante, potencial productivo, entre otros, apoyándose en técnicas moleculares como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la embriogénesis somática. Adicionalmente, diferentes genotipos de cacao poseen la capacidad de soportar condiciones de estrés por sequía utilizando parámetros como el contenido relativo de agua de la hoja, lo que permite mostrar el papel de distintas enzimas bioquímicas. Finalmente, las herramientas biotecnológicas permiten reorientar y potenciar la genómica estructural y funcional de esta especie.

Palabras claves: cacao, mejoramiento genético, técnicas moleculares, productividad, genotipo.

Capítulo 1

Genética, mejoramiento genético (Protocolos de certificación, calidad, valor ecofisiológico, productividad y resistencia a plagas)

1.1 Publicaciones científicas

Crecimiento, fisiología, eficiencia en la absorción de nutrientes y tolerancia a la sombra en respuestas de los genotipos de cacao bajo diferentes tipos de sombra.

Growth, Physiological, Nutrient-Uptake-Efficiency and Shade-Tolerance Responses of Cacao Genotypes under Different Shades.

Se implementó un estudio en invernadero con 58 genotipos de cacao seleccionados de cuatro grupos geográficamente diversos: (i) cacao silvestre de cuencas fluviales de la Amazonía peruana (PWC); (ii) colección de agricultores peruanos (PFC); (iii) colección de cacao brasileño (BCC); y (iv) colecciones de cacao nacionales e internacionales (NIC) (...) El cacao es tolerante a la sombra, y la tasa máxima de fotosíntesis ocurre a una irradiación de alrededor de $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Sin embargo, el exceso de sombra reduce aún más el efecto, lo que es perjudicial para la fotosíntesis y las funciones de crecimiento (...) Todos los genotipos de cacao fueron sometidos a 50 % y 80 % de sombra donde la densidad de

flujo de fotones fotosintéticos (PPFD) fue de 1000 y $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente. Se observaron variaciones intraespecíficas para el crecimiento, los rasgos fisiológicos y nutricionales, y la tolerancia a la sombra. Los genotipos que toleran el exceso de sombra pueden ser tipos de plantas útiles para mantener la productividad y la sostenibilidad en los sistemas agroforestales de manejo del cacao.

DOI: [10.3390/agronomy11081536](https://doi.org/10.3390/agronomy11081536), julio 2021. Perú [1].

Rendimiento del cacao bajo diferentes sistemas agroforestales en un bosque tropical seco del oeste de Colombia.

Yield of Cocoa under Different Agroforestry Systems in a Dry Tropical Forest in Western Colombia.

Se realizó un estudio en la Estación Agraria Cotové, de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en una zona de vida de bosque tropical seco (BST), a 540 metros de elevación, con una temperatura media de $27 \text{ }^\circ\text{C}$, precipitación media anual de 1.031 mm y humedad relativa inferior al 70 % (...) Se evaluaron los componentes del rendimiento y el potencial productivo de cuatro clones de cacao, ICS 95, TSH565, CCN 51 e ICS 60. Los clones de cacao se plantaron bajo dos hábitats de luz solar controlada, generada por la especie maderera *Gmelina arborea Roxb.* (disposición en una y dos filas),

y dos manejos diferentes del dosel de las plantas de cacao (estímulo de crecimiento plagiotrópico y ortotrópico). Los clones TSH 565 y CCN 51 mostraron los mayores rendimientos en los dos años de cosecha. El ICS 95 mostró el menor índice de grano. En cuanto al índice de mazorcas, no se observaron diferencias entre los clones de cacao. Los clones TSH 565 y CCN 51 destacaron como los más productivos. DOI: [10.51372/bioagro341.4](https://doi.org/10.51372/bioagro341.4), diciembre 2021. Colombia [2].

Capacidad combinada de clones de cacao superiores para ensamblar cacao de alta productividad y resistente a enfermedades.

Combining Ability of Superior Cacao Clones for Assembling High Productivity and Disease Resistant Cocoa.

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la potencialidad de los progenitores P1 y P2 para producir cepas superiores de cacao híbrido mediante la estimación de la capacidad combinatoria general (GCA) y la capacidad combinatoria específica de dialelo cruzado entre progenitores de alto rendimiento que son resistentes a *P. palmivora* (...) La investigación se organizó en un Diseño de Bloques Aleatorios (RBD) que constaba de 10 híbridos y 5 progenitores, de modo que el tratamiento utilizó 15 genotipos (...) La prueba de resistencia en los padres y F1 mostró que todas las cepas

combinadas cruzadas estaban infectadas por la enfermedad de la pudrición de la mazorca (*P. palmivora*) con diversa intensidad. La intensidad de enfermedad más alta fue una combinación de cepas DR 1 x ICS 13 y la más baja ICS 13 y SCa 6. Los clones de cacao que tienen un valor bajo de GCA basado en la intensidad de la enfermedad fueron TSH 858, ICCRI 3 y SCa 6, teniendo el potencial de usarse en el ensamblaje de híbridos de cacao resistentes a enfermedades y de alto rendimiento en el futuro.

DOI: [10.1051/e3sconf/202130601052](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130601052), septiembre 2021, Indonesia [3].

Resistencia cuantitativa a la enfermedad de la escoba de bruja en progenies de diferentes fuentes de resistencia.

Quantitative Resistance to Witches' Broom Disease in Progenies of Different Sources of Resistance.

Los objetivos del presente estudio fueron medir la resistencia cuantitativa de una población de cacao con 21 cruces de hermanos completos bajo alta presión natural de *Moniliophthora perniciosa* (hongo que produce la enfermedad escoba de bruja) y en qué medida esta respuesta es órgano-específica (...) Las progenies utilizadas fueron cruces de diferentes fuentes resistentes a la fuente resistente Scavina6 y al control susceptible SIC 23. Los clones fueron seleccionados con base en sus diferentes orígenes geográficos, resistencia a WBD y

distancia genética de Sca6 (Pires et al., 2012), a excepción de TSH 1188, un descendiente de *Scavina*. Cada tratamiento consistió en una progenie dispuesta en campo en un diseño experimental completamente al azar (...) Según los resultados, la adaptación de *Moniliophthora pernicioso* hacia las fuentes de *Scavina* es órgano-específica. También se observó el efecto de esto sobre los rasgos cuantitativos del patógeno. Los materiales amazónicos, como CSul3 y GU171, que mostraron resistencia tanto a las escobas vegetativas como a las de flores, pueden reducir el potencial evolutivo de los patógenos. DOI: [10.1016/j.cropro.2021.105678](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105678), abril 2021, Brasil [4].

Genómica estructural y funcional de la resistencia del cacao a *Phytophthora palmivora*.

Structural and Functional Genomics of the Resistance of Cacao to *Phytophthora palmivora*.

Este estudio validó, por mapeo de asociación, 29 marcadores moleculares SSR que flanquean a QTL (Quantitative Trait Loci) asociados a la resistencia a *Phytophthora palmivora* Butler (Butler) (PP), en tres variedades antiguas locales de Bahía (Comum, Pará y Maranhão) (...) Se realizó una anotación basada en dominios funcionales, en dos genomas de referencia de *Theobroma cacao*, de 20 regiones QTL asociadas a la resistencia del cacao al patógeno (...) Se

detectaron cuatro loci SSR asociados con la resistencia a PP, dos en el cromosoma 8, que explican el 7,43 % y el 3,72 % de la variación fenotípica (% PV), uno en el cromosoma 2, que explica el 2,71 % PV y uno en el cromosoma 3, que explica el 1,93 % PV. Se identificaron 164 (CRIOLLO) y 160 (MATINA) genes candidatos. En los cromosomas 1, 3, 6, 8 y 10 se identificaron regiones genómicas ricas en genes con Coiled-coils (CC), sitios de unión de nucleótidos (NBS) y dominios repetidos ricos en leucina (LRR), así como regiones ricas en Receptor como el dominio Kinase (RLK) y los dominios Ginkbilobin2 (GNK2) fueron identificados en los cromosomas 4 y 6.

DOI: [10.3390/pathogens10080961](https://doi.org/10.3390/pathogens10080961), julio 2021, Brasil [5].

Determinación de la estabilidad genética en plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) derivadas de embriogénesis somática utilizando marcadores moleculares microsatélites (SSR).

Determination of Genetic Stability in Cacao Plants (*Theobroma cacao* L.) Derived from Somatic Embryogenesis Using Microsatellite Molecular Markers (SSR).

El objetivo de la investigación fue evaluar la propagación clonal de T. cacao por Embriogénesis Somática (ES) para multiplicar genotipos de élite, asegurando de esta manera la uniformidad genética en la producción masiva de material de siembra. Este estudio evaluó la estabilidad genética

de plántulas de cacao propagadas por ES e injerto convencional para los genotipos CCN51 y TSH565 utilizando 13 SSR (...) Los 13 loci analizados revelaron 25 alelos en el genotipo CCN51 y 24 alelos en el genotipo TSH565. Según los resultados, no se observaron diferencias en la composición alélica entre FPL y IVL en cada genotipo (...) Esto indica que las plantas propagadas por ES no mostraron detrimento perceptible en su genoma con el SSR utilizado. Los resultados de SSR obtenidos no excluyen la ocurrencia de otros cambios en el genoma nuclear. Sin embargo, considerando la estabilidad morfológica de plantas propagadas in vitro, los resultados indican que el protocolo utilizado es adecuado y eficiente para la propagación fiel al tipo a gran escala de los genotipos CCN51 y TSH565 con fines comerciales.

DOI: [10.1080/15538362.2021.1873219](https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1873219), marzo 2021, Colombia [6].

Identificación y análisis del genoma de la familia de genes MADS-Box en *Theobroma cacao*.

Genome-Wide Identification and Analysis of the MADS-Box Gene Family in *Theobroma cacao*.

El objetivo principal del trabajo es proporcionar un análisis exhaustivo de los genes MADS-box en *Theobroma cacao* y sienta las bases para futuras investigaciones funcionales (...) De igual manera en este estudio, se

identificaron 69 genes MADS-box candidatos y se agruparon los genes en cinco subgrupos (Ma: 11; Mβ: 2; My: 14; Mδ: 9; MIKC: 32) basados en sus relaciones filogenéticas con *Arabidopsis*. La mayoría de los genes TcMADS dentro del mismo subgrupo mostraron una estructura genética similar y motivos altamente conservados (...) Para finalizar, en cuanto al análisis de la distribución cromosómica, se evidenció que todos los genes TcMADS estaban distribuidos uniformemente en 10 cromosomas. Además, se analizaron los elementos cis del promotor, las propiedades fisicoquímicas y la localización subcelular.

DOI: [10.3390/genes12111799](https://doi.org/10.3390/genes12111799), noviembre 2021, China [7].

Detección del potencial de tolerancia a la sequía de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ghana.

Screening for Drought Tolerance Potential of Nine Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Genotypes from Ghana.

El objetivo de este estudio fue seleccionar nueve genotipos de cacao para probar sus capacidades de soportar condiciones de estrés por sequía utilizando parámetros como el contenido relativo de agua de la hoja (RWC), acumulación de prolina en hojas y tricomas (...) El diseño experimental constó de tres réplicas de los genotipos utilizados y estos se establecieron en un diseño de bloques

completamente al azar para determinar los potenciales de tolerancia a la sequía en la etapa de plántula. Se utilizaron tratamientos que involucraron la retención de agua desde un día después de la saturación total con agua antes de la primera aparición de síntomas de sequía y riego cada dos días hasta la finalización del experimento (...) Los resultados revelaron que la prolina se acumula en plántulas con estrés hídrico, y las diferencias en las cantidades medias de prolina en los genotipos era significativa. Los genotipos T63/971 x SCA9 y T60 x POUND10 parecen ser los genotipos más tolerantes a la sequía por sus valores relativamente altos de contenido de prolina libre, RWC foliar, tricomas y valores más bajos de uso de agua del suelo (SMC).

DOI: [10.1016/j.heliyon.2021.e08389](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08389), noviembre 2021, Ghana [8].

Selección de marcadores SNP que reflejen la población de origen en la identificación de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Selecting SNP Markers Reflecting Population Origin for Cacao (*Theobroma cacao* L.) Germplasm Identification.

El objetivo de este estudio fue la identificación precisa del genotipo del germoplasma de cacao. Para ello se realizó la detección de 956 SNP candidatos, preseleccionados de las matrices de SNP de *Theobroma cacao* de 6 y 15K mediante el genotipado por

secuenciación dirigido en 451 accesiones de germoplasma de cacao, que representan 10 grupos genéticos conocidos de las Américas tropicales (...) Según la tasa de recurrencia (tasa de no recurrencia < 10 %), la menor frecuencia de alelos (MAF > 0,15) y el desequilibrio de ligamiento (LD = 0,5), se seleccionaron un total de 219 SNP (...) Los resultados de la asignación de población de las 420 accesiones de cacao retenidas fueron comparables con el estudio SSR. La matriz de distancia genética entre los marcadores SSR y SNP está correlacionada ($r = 0.718$; $P < 0.001$). Estos marcadores SNP y el germoplasma de referencia seleccionado para diferentes poblaciones son adecuados para su uso en el manejo del germoplasma de cacao y la mejora de cultivos.

DOI: [10.48130/BPR-2021-0015](https://doi.org/10.48130/BPR-2021-0015), diciembre 2021, Estados Unidos [9].

Actividad antioxidante en genotipos de *Theobroma* spp. (Malvaceae) en México.

Antioxidant Activity in Genotypes of *Theobroma* spp. (Malvaceae) in Mexico.

Se evaluó la actividad antioxidante de diferentes genotipos de *Theobroma* spp. de México, con el fin de distinguir cualidades promisorias para el mejoramiento genético, y diferenciar rasgos filogenéticos, considerando variables bioquímicas (...) Se determinó la cantidad de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante

por ABTS y DDPH, además del contenido de antocianinas, teobromina y cafeína en cuatro especies de *Theobroma* L., y 50 genotipos derivados de *T. cacao*. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza, una prueba de medias, un análisis de componentes principales y un análisis cladístico (...). En conclusión, el grado de domesticación influye en el contenido de fenoles y en la capacidad antioxidante. Los resultados sugieren que las variables evaluadas pueden ayudar a formar criterios de mejora genética en el complejo derivado de *T. cacao* orientados a la selección de mayor contenido de fenoles y mayor actividad antioxidante.

DOI: [10.15517/rbt.v69i2.41626](https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.41626), marzo 2021, México [10].

La evaluación de la propagación de cacao fino de aroma Java mediante la técnica de embriogénesis somática para germoplasma.

The evaluation of Java Fine Flavor Cocoa Propagation through Somatic Embryogenesis Technique for Germplasm.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la tasa de regeneración de embriones somáticos mediante técnicas de propagación de embriogénesis somática en cacao fino de aroma Java. Las observaciones incluyeron parámetros para determinar el porcentaje de callo primario, formación de callo

embriogénico y el número de embriones somáticos producidos. Según los datos, la capacidad del callo para producir embriones primarios depende en gran medida de los cultivares de plantas y las fuentes de explantes. Cinco cultivares mostraron una tasa de regeneración más alta usando explantes o extensiones de la parte del pétalo, mientras que el resto mostró una tasa de regeneración más alta usando explantes de la sección de estaminodios. El callo embriogénico de cada cultivar de cacao tiene la misma estructura básica: una estructura nodular friable que consta de muchas células embrionarias. Algunos cultivares de cacao fino de aroma que pudieron producir callos y embriones somáticos primarios no pudieron producir plántulas y embriones somáticos secundarios. Sin embargo, dos cultivares, que tenían un bajo potencial para producir embriones primarios, tenían una gran capacidad para producir embriones somáticos secundarios y convertirse en plántulas. DOI: [10.1051/e3sconf/202130601056](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130601056), septiembre 2021, Indonesia [11].

La mejora del cacao debe tener en cuenta el valor competitivo de los árboles de cacao.

Cocoa Breeding Must Take into Account the Competitive Value of Cocoa Trees.

El objetivo de este estudio era determinar si los efectos de la competencia podrían afectar al rendimiento de los genotipos de cacao

probados durante largos periodos, y en qué momento comienzan esos efectos (...) De igual manera, en cuanto a la metodología respecto a la competencia, se estudió en árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) teniendo en cuenta el diámetro de los árboles y su rendimiento. El diseño del ensayo establecido fue un diseño de apareamiento factorial del principal programa de mejora genética del cacao. El enfoque adoptado fue un modelo multivariante basado en 13 años de recogida de datos, que incluía efectos genéticos, espaciales y de competencia (...) Los resultados revelaron una aparición gradual de la competencia a partir de los primeros años de producción hasta el cuarto año, cuando su efecto se hizo significativo. Primero afectó al crecimiento y, dos años después, al rendimiento. Según los años de producción, el efecto genético y el efecto espacial fueron los mayores. En los años de fuerte competencia, podía afectar hasta el 10% de la variabilidad de la producción anual.

DOI: [10.1016/j.eja.2021.126288](https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126288), agosto 2021, Francia [12].

Mitigación de la sequía en el cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante el desarrollo de híbridos tolerantes.

Drought Mitigation in Cocoa (*Theobroma cacao* L.) through Developing Tolerant Hybrids.

El mejoramiento para la tolerancia a la sequía es la necesidad actual de la planta, debido al cambio climático y la

extensión del cultivo hacia áreas no tradicionales (...) Se produjeron híbridos cruzando cuatro genotipos tolerantes en todas las combinaciones posibles. Los principales parámetros bioquímicos considerados después de exponerles al estrés incluyeron la prolina, la actividad de la nitrato reductasa, el contenido de superóxido dismutasa y la glicina betaína (...) En conclusión, este experimento demostró el papel de diferentes enzimas bioquímicas y osmolitos en la tolerancia de las plantas durante el estrés por sequía. El análisis de regresión logística seleccionó la prolina y la nitrato reductasa como los dos marcadores bioquímicos para identificar genotipos eficientes tolerantes a la sequía en los futuros programas de mejora.

DOI: [10.1186/s12870-021-03352-4](https://doi.org/10.1186/s12870-021-03352-4), diciembre 2021, India [13].

ADN del basidiomiceto *Ceratobasidium theobromae* obtenido directamente de los pecíolos del cacao.

Fungal Basidiomycete *Ceratobasidium theobromae* DNA Obtained Directly from Cocoa Petioles.

El presente estudio expone un protocolo modificado de aislamiento de ADN vegetal total de la planta diseñado para superar los problemas de extracción y aislamiento de ADN causados por los pecíolos infectados ricos en polisacáridos y sustancias fenólicas como fuente primaria de

gomosis. El objetivo fue examinar y comparar el ADN vegetal mediante dos métodos: 1) tampón de lisis de bromuro de cetil-trimetil amonio (CTAB) convencional y kits (métodos estándar), y 2) un nuevo protocolo CTAB modificado (...) El método modificado dio una mayor calidad y cantidad de ADN de *C. theobromae*, produjo grandes cantidades de lisado que contenía ADN claro, transparente y acuoso (ADN crudo) con una clara separación entre el ADN crudo superior y las capas de desechos orgánicos. En cambio, con el método estándar, se obtuvo un lisado viscoso y borrado que mostró signos de gomosis, con poca separación y bajo rendimiento (...) En conclusión el método modificado será valioso para los estudios de diversidad genética y de enfermedades en una variedad de tejidos vegetales y sus patógenos que hasta ahora han sido un reto para aislar su ADN.

DOI: [10.13057/biodiv/d220734](https://doi.org/10.13057/biodiv/d220734), junio 2021, Indonesia [14].

Integración de GWAS, metabolómica y análisis sensorial para revelar nuevas vías metabólicas implicadas en el aroma afrutado del cacao GWAS del aroma afrutado en *Theobroma cacao*.

Integration of GWAS, Metabolomics, and Sensorial Analyses to Reveal Novel Metabolic Pathways Involved in Cocoa Fruity Aroma GWAS of Fruity Aroma in *Theobroma cacao*.

Realizaron una investigación sobre la base genética del aroma afrutado del cacao nacional moderno. Por lo que, se han realizado estudios de GWAS sobre rasgos bioquímicos y sensoriales afrutados y han permitido identificar un gran número de zonas de asociación (...) De igual manera, se identificaron cinco vías metabólicas principales implicadas en los rasgos afrutados de la población Nacional: la vía de degradación de proteínas, de azúcares, de ácidos grasos, de los monoterpenos y la vía de la L-fenilalanina (...) En conclusión, los genes candidatos implicados en las vías biosintéticas de los compuestos volátiles identificados en las áreas de asociación fueron detectados para un gran número de asociaciones.

DOI: [10.1016/j.plaphy.2021.11.006](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.11.006), noviembre 2021, Francia [15].

Nuevas fuentes de resistencia - Evaluación del germoplasma de cacao para la incidencia natural de la escoba de bruja.

New Sources of Resistance - Cacao Germplasm Evaluation for Natural Incidence of Witches' broom.

El objetivo de este estudio fue comprobar los procesos de selección de genes de resistencia de germoplasma del cacao sobre enfermedades fitosanitarias (...) Para ello, se evaluaron dos conjuntos de accesiones del cacao con la colección de germoplasma del centro, para la incidencia natural de la escoba de

bruja, el mayor problema fitosanitario para el cultivo del cacao en Brasil. Para el primer conjunto, que constó de 573 accesiones, se consideró la incidencia de retamas en mazorcas de hasta 10 plantas por hilera, con una o dos hileras de cada accesión, en cinco años de evaluación. Para el segundo, formado por 154 genotipos preseleccionados entre las accesiones introducidas en el período con indicios de buen desempeño en relación a la escoba de bruja, se computaron siete remociones de retamas vegetativas en el dosel, estando cada accesión representada por una a tres hileras con hasta siete plantas (...) Para ambos conjuntos, se observó una gran cantidad de genotipos de diferentes orígenes entre los resistentes, indicando la perspectiva de la ocurrencia de diferentes genes de resistencia y posibilidades de ganancia genética en asociación de estos diferentes genes.

DOI: [10.21757/0103-3816.2021v33n2p91-100](https://doi.org/10.21757/0103-3816.2021v33n2p91-100), agosto 2021, Brasil [16].

Patrones geográficos de variación genética entre poblaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) basados en marcadores de cloroplastos.

Geographic Patterns of Genetic Variation among Cacao (*Theobroma cacao* L.) Populations Based on Chloroplast Markers.

El objetivo principal es realizar estudios sobre la distribución geográfica de la variación del ADNcp

en diferentes poblaciones que representan rodales naturales de cacao, fincas de cacao en Ecuador y poblaciones de cría (...) En cuanto a la metodología se establecen seis marcadores de microsatélite de cloroplasto de cacao publicados anteriormente para genotipar 233 muestras de cacao. En total, se identificaron 23 haplotipos del cloroplasto. La mayor variación de haplotipos se observó en la Amazonia occidental, incluyendo haplotipos geográficamente restringidos (...) Concluye que la mayoría de los grupos genéticos del cacao identificados mediante SSR nucleares están asociados a haplotipos específicos del cloroplasto. Un único haplotipo fue común en las selecciones que representan las plantaciones de cacao en el oeste de Ecuador y en las accesiones de referencia de Trinitario. DOI: [10.3390/d13060249](https://doi.org/10.3390/d13060249), junio 2021, Alemania [17].

Variación genética en las respuestas a la luz intensa de las accesiones de *Theobroma cacao* L.

Genetic Variation in High Light Responses of *Theobroma cacao* L. Accessions.

Se establece como objetivo la investigación del grado de fotoinhibición en 17 accesiones de cacao de un rango de grupos genéticos, creciendo bajo condiciones de alta luz. La capacidad de los sistemas fotosintéticos para responder a la luz alta se evaluó mediante

parámetros de fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm diurno y curvas de respuesta instantánea a la luz), y se compararon las diferencias en el contenido de pigmentos fotosintéticos mediante ensayos bioquímicos (...) Así mismo, se observó una variación genética significativa entre las 17 accesiones en las actividades de CAT, APX y SOD. En todas las accesiones, la fotoprotección parecía estar restringida por la capacidad de las hojas para generar SOD. Se observaron correlaciones negativas significativas entre la actividad de SOD y la actividad de APX y la fuga de electrolitos, mientras que se observaron correlaciones positivas significativas entre la fuga de electrolitos y la actividad de APX y CAT (...) En conclusión los resultados implican que el cribado de la actividad de la SOD, el contenido total de carotenoides y el punto de saturación de luz pueden ayudar a la selección de genotipos con mejor tolerancia a la luz alta.

DOI: [10.1016/j.heliyon.2021.e07404](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07404), junio 2021, Trinidad y Tobago [18].

PCR-SRAP/ITAP para la caracterización molecular del género *Theobroma*.

PCR-SRAP/ITAP for Molecular Characterization of the *Theobroma* genus.

El objetivo fue realizar la caracterización molecular del género *Theobroma* (...) De acuerdo con lo evidenciado procedió a estudiar los

genotipos Carmelo, Lagarto, PMCT 58, CATIE R1 y CATIE R6 se evaluaron a través de ADN genómico mediante 43 combinaciones de pares de iniciadores tipo SRAP y 55 combinaciones de pares de iniciadores tipo ITAP mediante PCR. Una vez seleccionados los iniciadores SRAP e ITAP altamente polimórficos, se verificó su utilidad para distinguir entre genotipos de cacao Criollo, Trinitario, Forastero y especies relacionadas al género *Theobroma* (..) En conclusión, el análisis individual generado por cada combinación de iniciadores permitió seleccionar 10 pares de iniciadores para SRAP y 11 para ITAP. Los datos generados por las combinaciones Me1/Em7, Me6/Em3 y Me6/Em7 de SRAP en interacción con las combinaciones Itpr3/Em10 e Itpr4/Em3 de ITAP mostraron mayor capacidad para distinguir entre tipos genéticos de cacao y especies relacionadas al género *Theobroma*.

DOI: [10.35196/rfm.2021.1.3](https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.3), marzo 2021, México [19].

Varianza genética mediada por rizomas en la absorción de cadmio por cacao juvenil (*Theobroma cacao* L.) Genotipos, y su efecto en el crecimiento y la fisiología.

Rootstock-Mediated Genetic Variance in Cadmium Uptake by Juvenile Cacao (*Theobroma cacao* L.) Genotypes, and Its Effect on Growth and Physiology.

Se cuantificaron explícitamente las contribuciones genéticas mediadas por los portainjertos en plantas juveniles

de cacao recombinantes a través de rasgos objetivo, específicamente la absorción de cadmio (Cd), y su correlación con rasgos de crecimiento y fisiológicos (...) Se examinó el contenido de los pigmentos del cloroplasto, la fluorescencia de la clorofila al intercambio de gases de la hoja, la absorción de nutrientes y la biomasa de la planta en plantas jóvenes sin injertar y en combinaciones de portainjerto × púa en suelos con niveles contrastantes de Cd. Este panel consideró un total de 320 progenies de familias de medio hermano de polinización abierta y progenies recíprocas de hermano completo (...) Concluyen que se detectaron efectos moderados de los portainjertos ($h^2 > 0,1$) antes del injerto para cinco rasgos de crecimiento, cuatro propiedades de absorción de nutrientes y el contenido de clorofilas y carotenoides (...) Esto sugiere un conflicto genético generalizado entre los genotipos del portainjerto y de la púa, que implica la triple interacción portainjerto × púa × suelo cuando se refiere al Cd y a la absorción de nutrientes.

DOI: [10.3389/fpls.2021.777842](https://doi.org/10.3389/fpls.2021.777842),
diciembre 2021, Colombia [20].

Bibliografía

[1] E. Arévalo, A. Farfán, F. Barraza, C. Arévalo, L. Zúñiga, J. Alegre y V. Baligar. Growth, Physiological, Nutrient-Uptake-Efficiency and Shade-Tolerance Responses of cacao

Genotypes under Different Shades. *Agronomy*, 11(8):1536, 2021.

[2] C. Escobar, Ó. Córdoba, G. Correa, y E. Martínez. Yield of Cocoa Under Different Agroforestry Systems in a Dry Tropical Forest in Western Colombia. *Bioagro*, 34 (1):39-50, 2021.

[3] Rubiyo y N. Nurdebyandaru. Combining Ability of Superior Cacao Clones for Assembling High Productivity and Disease Resistant Cocoa. *E3S Web Conferences*, 306, 01052, 2021.

[4] A. Silva, U. Vanderlei, J. Pies, M. Araujo, L. Pereira, R. Santos, L. Souza, F. de Andrade, J. Solís y Peres, K. Quantitative Resistance to Witches' Broom Disease in Progenies of Different Sources of Resistance. *Crop Protection*, 146: 105678, 2021.

[5] J. Mucherino, C. Ferreira, R. Santana, E. Martins y R. Correa. Structural and Functional Genomics of the Resistance of Cacao to *Phytophthora palmivora*. *Pathogens*, 10 (8):961, 2021.

[6] A. Henao, H. Salazar, A. Calle y A. Urrea. Determination of Genetic Stability in Cacao Plants (*Theobroma cacao* L.) Derived from Somatic Embryogenesis Using Microsatellite Molecular Markers (SSR). *International Journal of Fruit Science*, 21(1):284-298, 2021.

- [7] Q. Zhang, S. Hou, Z. Sun, J. Chen, J. Meng, D. Liang, R. Wu y Y. Guo. Genome-Wide Identification and Analysis of the MADS-Box Gene Family in *Theobroma cacao*. *Genes*, 12(11):1799, 2021.
- [8] E. Dzandu, L. Enu-Kwesi, C. Markwei y K. Ayeh. Screening for Drought Tolerance Potential of Nine Cocoa (*Theobroma cacao* L.) genotypes from Ghana. *Heliyon*, 7(11): e08389, 2021.
- [9] O. Gutiérrez, K. Martínez, D. Zhang, D. Livingstone, C. Turnbull y J. Motamayor. Selecting SNP Markers Reflecting Population Origin for cacao (*f*) Germplasm Identification. *Beverage Plant Research*, 1(15):1-9, 2021.
- [10] J. Iñiguez, C. Avendaño, E. Campos, C. López, M. Martínez, J. Caballero, M. Báez y R. Ariza. Actividad antioxidante en genotipos de *Theobroma spp.* (*Malvaceae*) en México. *Revista De Biología Tropical*, 69(2):507-523, 2021.
- [11] S. Pancaningtyas. The Evaluation of Java Fine Flavor Cocoa Propagation through Somatic Embryogenesis Technique for Germplasm. *E3S Web of Conferences*, 306: 01056, 2021.
- [12] C. Trebissou, M. Gnion, F. Munoz, L. Sanchez, S. Assanvo, C. Cilas y F. Ribeyre. Cocoa Breeding Must Take Into Account the Competitive Value of Cocoa Trees. *European Journal of Agronomy*, 128; 126288, 2021.
- [13] B. Juby, J. Minimol y B. Suma. Drought Mitigation in Cocoa (*Theobroma cacao* L.) through Developing Tolerant Hybrids. *BMC Plant Biology*, 21, (594). 1-12, 2021.
- [14] M. Junaid y D. Guest. Fungal *Basidiomycete ceratobasidium theobromae* DNA Obtained Directly from Cocoa Petioles. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(7), 2021.
- [15] X. Yuan, H. Cui, Y. Jin, W. Zhao, X. Liu, Y. Wang, J. Ding, L. Liu, J. Wen y G. Zhao. Integration of GWAS, Metabolomics, and Sensorial Analyses to Reveal Novel Metabolic Pathways Involved in Cocoa Fruity Aroma GWAS of Fruity Aroma in *Theobroma cacao*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 171:213-225, 2021.
- [16] J. Pires, E. Martins y G. Pires. New Sources of Resistance Cacao Germplasm Evaluation for Natural Incidence of Witches` Broom. *Agrotrópica*, 33(2):91-100, 2021.
- [17] H. Nieves, M. Müller, K. Krutovsky y O. Gailing. Geographic Patterns of Genetic Variation among Cacao (*Theobroma cacao* L.) Populations Based on Chloroplast Markers. *Diversity*, 13(6):249, 2021.
- [18] V. Lewis, A. Farrell, P. Umaharan, y A. Lennon. Genetic Variation in High Light Responses of *Theobroma cacao* L. accessions. *Heliyon*, 7(6); e07404, 2021.

[19] P. López, C. Avendaño, L. Iracheta y M. Ojeda. PCR-SRAP/ITAP para la caracterización molecular del género *Theobroma*. Revista Fitotecnia Mexicana, 44(1):3, 2021.

[20] J. Fernández, A. Cortés, C. Hernández, M. Mejía, C. Rodríguez y V. Baligar. Rootstock-Mediated Genetic Variance in Cadmium Uptake by Juvenile cacao (*Theobroma cacao* L.) Genotypes and Its Effect on Growth and Physiology. Frontiers in Plant Science, 12:777842, 2021.

Capítulo 2

Manejo agrosustentable (riego eficiente, manejo integrado de fertilidad, planificación estratégica para la fundación de nuevas plantaciones, líneas de I+D+i del manejo del agro)

- 2.1 Patente**
- 2.2 Publicaciones científicas**
- 2.3 Trabajos de grado**

Resumen

Este capítulo contiene 01 patente, 20 publicaciones científicas y 06 tesis de grado, orientadas al manejo agrosustentable, entendiéndolo como aquellos procesos que permiten administrar de manera adecuada un recurso para protegerlo y a su vez, que permita satisfacer las necesidades socioeconómicas y ambientales, que en este caso se centra en el manejo eficiente del cultivo de cacao y su manejo integrado de fertilidad. Un ejemplo de esto, es cómo las condiciones de almacenamiento influyen en los cambios de azúcares fisiológicos, microestructurales y solubles asociados con los mecanismos de secado lento en semillas de cacao.

Palabras clave: cacao, manejo agrosustentable, manejo integrado de fertilidad, prácticas agroforestales.

Capítulo 2

Manejo agrosustentable (riego eficiente, manejo integrado de fertilidad, planificación estratégica para la fundación de nuevas plantaciones, líneas de I+D+i del manejo del agro)

2.1 Patente

Método de enmacetado para el árbol del cacao.

Potting Method for Cocoa Tree.

La invención se refiere a un método de enmacetado para un árbol de cacao. El cual comprende las etapas de cultivo de portainjertos, cría de injertos, enmacetado y manejo de la planta, conformación y poda. Según el método, la altura del injerto se incrementa a 30-40 cm, debido a que, la planta injertada con una alta proporción puede dar frutos de cacao en un patrón original (...) Dos tipos de frutos con diferentes formas o colores pueden nacer en un tronco, y el valor ornamental del árbol de cacao en maceta se mejora en gran medida.

[CN113100005A](#), julio 2021, China [CN] [1].

2.2 Publicaciones científicas

Distribución del cadmio en los suelos, la hojarasca y los granos de cacao: un estudio de caso en Colombia.

Cadmium Distribution in Soils, Soil Litter and Cacao Beans: A Case Study from Colombia.

Esta investigación tiene como objetivo determinar el contenido de Cd en suelos, hojarasca y granos de cacao, siguiendo los flujos de Cd dentro de cada sistema de cacao mediante la técnica de tomografía de resistividad eléctrica bidimensional (...) Se midió la capacidad eléctrica de los cationes del suelo, el pH y los niveles de materia orgánica del suelo, así como los contenidos de Al, Al^{3+}H^+ , Ca, K, Mg y P a diferentes profundidades. Además, se correlacionó el contenido de Cd con los valores de resistividad de las muestras tomadas in situ mediante ERT. El Al^{3+}H^+ del suelo y la altitud de las fincas se ajustaron como los mejores predictores del contenido de Cd de los granos (...) Para finalizar, los valores de resistividad obtenidos en campo mostraron una alta correlación con el contenido de Cd del suelo determinado ($R^2=0,82$). Los gráficos de tomografía predictiva pusieron de manifiesto la dinámica del Cd en la capa superior del suelo entre la hojarasca, las enmiendas y los fertilizantes.

DOI: [10.1007/s13762-021-03299-x](https://doi.org/10.1007/s13762-021-03299-x), abril 2021, Colombia [2].

Efecto a medio plazo de los fertilizantes, el compost y la dolomita sobre el suelo y la productividad del cacao en Sulawesi, Indonesia.

Medium-Term Effect of Fertilizer, Compost, and Dolomite on Cocoa Soil and Productivity in Sulawesi, Indonesia.

Se estudian los efectos de los fertilizantes y las enmiendas orgánicas que comprenden la urea NPK, dolomita y compost de estiércol sobre las propiedades del suelo y la productividad del cacao (...) Los análisis del suelo se realizaron antes de la plantación, después de 3 años, y finalmente después de 7 años. La productividad se evaluó anualmente entre los 3,5 y los 7,4 años de edad. Los mayores rendimientos se obtuvieron en las parcelas que recibieron compost, aunque los beneficios del rendimiento disminuyeron con el tiempo. El fertilizante inorgánico por sí solo duplicó el rendimiento en comparación con el control, mientras que los rendimientos con compost y el fertilizante de compost fueron tres veces superiores a los del control (...) En conclusión, el carbono orgánico del suelo disminuyó mucho en los tratamientos con compost aunque se aplicaron 10 kg de compost por árbol y año, probablemente debido a la baja relación C:N del compost.

DOI: [10.1017/s0014479721000132](https://doi.org/10.1017/s0014479721000132), junio 2021, Reino Unido [3].

Dinámica del metabolismo de auxinas y citoquininas durante el crecimiento temprano de raíces e hipocotilo en *Theobroma cacao*.

Dynamics of Auxin and Cytokinin Metabolism during Early Root and Hypocotyl Growth in *Theobroma Cacao*.

La ubicación espacial y el momento de los eventos de desarrollo de la planta están regulados en gran medida por los efectos bien equilibrados de la interacción de fitohormonas de auxina y citoquinina. Junto con el transporte, el metabolismo localizado regula los gradientes de concentración de sus formas bioactivas y, en última instancia, provoca respuestas de crecimiento. El objetivo de este estudio fue explorar la dinámica del metabolismo de auxinas y citoquininas durante el crecimiento temprano de plántulas en *Theobroma cacao* (...) Se realizaron perfiles de metabolitos de auxina y citoquinina en hipocotilos y secciones de desarrollo de la raíz en diferentes momentos mediante el uso de Cromatografía Líquida de Ultra Alto Rendimiento - Espectrometría de Masas en Tándem de Electropulverización (UHPLC-MS/MS) (...) Este trabajo proporcionó una caracterización cuantitativa de los metabolitos de auxinas y citoquininas a lo largo del desarrollo temprano de raíces e hipocótilos e identificó características comunes y distintivas del metabolismo de auxinas y citoquininas durante el desarrollo de plántulas de cacao.

DOI: [10.3390/plants10050967](https://doi.org/10.3390/plants10050967), mayo 2021, Camerún [4].

Efectos interactivos y dinámicos de portainjertos y rizobiotas en la nutrición de vástagos en plántulas de cacao.

Interactive and Dynamic Effects of Rootstock and Rhizobiome on Scion Nutrition in Cacao Seedlings.

El objetivo de este estudio fue investigar y optimizar la productividad mediante la reproducción de portainjertos en nutrientes resistentes a las enfermedades en el cacao y las condiciones de los vástagos de *Theobroma cacao* L. (...) Se llevó a cabo un estudio de interacción portainjerto-vástago utilizando tres genotipos de vástagos y ocho poblaciones de portainjertos en condiciones de invernadero, para comprender mejor las relaciones entre las identidades de portainjertos y vástagos, la fertilidad del suelo, la composición del rizobioma y los impactos de estos factores en la absorción de macro y micronutrientes por parte de las plantas (...) Se demostró que el genotipo del portainjertos tiene una mayor influencia que el vástago en la absorción de nutrientes, la diversidad bacteriana, fúngica, la composición del rizobioma. Además hay contribuciones relativas del genotipo del portainjertos y del vástago al estado nutricional foliar. La estimación del tamaño del efecto del análisis discriminante lineal identificó taxones sensibles al portainjertos potencialmente relacionados con la nutrición de las plantas.

DOI: [10.3389/fagro.2021.754646](https://doi.org/10.3389/fagro.2021.754646),
noviembre 2021, Estados Unidos [5].

Optimización de las condiciones de secado lento para mejorar el almacenamiento a corto plazo de semillas de cacao (*Theobroma cacao*).

Optimization of Slow-Drying Conditions for Improving Short-Term Storage of Cacao (*Theobroma Cacao*) Seeds.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de las condiciones de almacenamiento en los cambios de azúcares fisiológicos, microestructurales y solubles asociados con los mecanismos de secado lento en semillas de cacao (...) Las semillas maduras fueron demuciladas, colocadas en bolsas de polietileno y almacenadas a 14 y 16 °C (40 y 80 % HR), TA (25 °C) y control (semillas recién extraídas). Las semillas a TA y 16 °C, 40 % HR mostraron un porcentaje de germinación similar al control. Las micrografías SEM demostraron que la deshidratación leve en las semillas de ambos tratamientos provocó los menores cambios morfológicos de las células, lo que conduce a un menor daño celular. Los azúcares más altos se encontraron en los primeros 4 días después del almacenamiento en las semillas a 16 °C, 40 % de HR que RT (...) Este estudio recomendó 16 °C, 40 % HR como la condición de almacenamiento alternativo para las semillas de cacao en al menos 12 días debido a su capacidad de almacenamiento, menos daños a las células y metabolismos alterados.

DOI: [10.3923/ajps.2021.496.508](https://doi.org/10.3923/ajps.2021.496.508),
marzo 2021, Malasia [6].

Porcentaje de luminosidad y grano de lijas en el prendimiento del injerto del cacao en Puerto Bermúdez.

Percentage of Luminosity and Grain of Sandpaper in the Grafting of Cocoa in Puerto Bermúdez.

El objetivo de esta investigación fue estudiar la influencia de los porcentajes de luminosidad y número de granos de lijas en el prendimiento del injerto tipo púa central de *Theobroma cacao* L. (...) Se construyeron tres viveros, con porcentajes de sombra de 40 %, 60 % y 80 %. Las semillas para los patrones provinieron del clon CCN -51, los cuales fueron sembradas en bolsas de 6 x 8 pulgadas conteniendo sustrato y colocadas en un vivero. Las varetas para injertar, correspondieron al clon CCN51, las cuales fueron extraídas el mismo día del injertado. Tres navajas de injertar fueron afiladas utilizando tres tamaños de granos de lijas de agua (400-A, 600-A y 1000-A) respectivamente, evaluándose a los 30 y 60 días después del injertado. Se empleó el diseño completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 x 3 (...) Concluyéndose que, el porcentaje de luminosidad no tiene influencia para el porcentaje de prendimiento, siendo el número de grano de lija 1000-A el que logró 100 % de prendimiento, finalmente, 60 % y 40 % de luminosidad lograron los mejores promedios de diámetro de patrón.
DOI: [10.53470/riu.v11i2.62](https://doi.org/10.53470/riu.v11i2.62), diciembre 2021, Perú [7].

Respuestas fisiológicas y morfológicas de raíces en diferentes combinaciones de patrones e injertos de cacao al déficit hídrico.

Physiological and Root Morphological Responses in Different Combinations of Rootstock-Scion of Cacao to Water Deficit.

En el estudio estimaron las diferentes respuestas hídricas de acuerdo a las diferentes combinaciones patrón-injerto del cacao (...) Para ello, se estimaron los efectos del déficit hídrico sobre el potencial hídrico (Ψ_f), diámetro basal (bd) y crecimiento radicular, clorofila y concentraciones foliares de nitrógeno (N) en 16 combinaciones patrón-injerto. Plántulas injertadas fueron sometidas a dos regímenes de agua: 21 días sin riego (WD) y riego continuo (I). En condiciones de WD se encontró la tendencia de menores Ψ_f usando el clon EETP800 con los cuatro patrones. Mientras que los mayores Ψ_f ($p < 0,05$) obtenidos en todas las combinaciones de los injertos fueron con los patrones EET400 y EET399 indicando una mejor capacidad de toma de agua por parte del sistema radicular (...) Esto pudiera confirmar que en cacao los patrones pueden regular la capacidad hídrica. Se concluyó que la mayor eficiencia de toma de agua está relacionada a procesos metabólicos y fisiológicos y no a una mayor superficie radicular que permita mayor toma de agua.
DOI: [10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n3.09](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n3.09), enero 2021, Ecuador [8].

La aplicación de potasio modula positivamente las respuestas fisiológicas de las plántulas de cacao al estrés por sequía.

Potassium Application Positively Modulates Physiological Responses of Cocoa Seedlings to Drought Stress.

El objeto del estudio fue investigar la mitigación del impacto del estrés hídrico en la supervivencia de las plántulas de cacao. En función de ello, se estudiaron los efectos del potasio aplicado sobre la acumulación de biomasa, los procesos fisiológicos y la supervivencia de las variedades de cacao sometidas a estrés hídrico (...) Se utilizaron cuatro niveles de potasio (0, 1, 2 o 3 g/planta como muriato de potasio). El estrés hídrico del suelo redujo la acumulación de biomasa vegetal (brotes y raíces), el contenido relativo de agua (RWC), el contenido de clorofila y la fluorescencia. Los contenidos de fenol y prolina en las hojas aumentaron bajo el estrés hídrico. La adición de potasio aumentó la partición de biomasa a las raíces, mejoró el RWC y la estabilidad de la membrana de la hoja y mejoró significativamente la supervivencia de las plántulas de cacao bajo estrés hídrico. La proporción de biomasa repartida a las raíces, el RWC, la fluorescencia de la clorofila y la pérdida de electrólitos en las hojas parecen ser los indicadores más fiables de la tolerancia de las plántulas de cacao a la sequía.

DOI: [10.3390/agronomy11030563](https://doi.org/10.3390/agronomy11030563),
marzo 2021, Ghana [9].

Nanofertilizantes de dióxido de silicio mejoran la capacidad fotosintética de dos clones de cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.).

Silicon Dioxide Nano Fertilizers Improve Photosynthetic Capacity of Two Criollo Cocoa Clones (*Theobroma Cacao* L.)

El estudio evaluó el efecto de la aplicación foliar de SiO₂-nanofertilizantes (NF) sobre el contenido de nutrientes, el intercambio gaseoso, la actividad fotoquímica, los pigmentos fotosintéticos, la proteína soluble total (PST), la eficiencia en el uso del nitrógeno fotosintético (EPN) y el crecimiento en plántulas de dos clones de cacao (OC-61 y BR-05) en un invernadero (...) La pulverización con SiO₂-NF aumentó la tasa fotosintética neta (A) en un 16 y 60 % y la tasa de transporte de electrones (J) en un 52 y 162 % en los clones OC-61 y BR-05, respectivamente, sin que se produjeran cambios en la concentración de pigmentos fotosintéticos en ninguno de los dos clones (...) En general, la pulverización con SiO₂-NF tuvo un efecto positivo sobre los procesos fotosintéticos en ambos clones de cacao, asociado a un aumento del contenido de nutrientes, que se tradujo en una mejora del crecimiento. También se encontró una respuesta fisiológica diferencial a la pulverización con SiO₂-NF entre clones, siendo BR-05 el clon con mejor respuesta fisiológica durante las etapas de establecimiento y desarrollo.

DOI: [10.1017/s0014479721000065](https://doi.org/10.1017/s0014479721000065),
marzo 2021, Venezuela [10].

Las implicaciones del almacenamiento y la temperatura de la mazorca de cacao en el rendimiento de los componentes de la mazorca y el crecimiento de las plántulas.

The Implications of Cocoa Pod Storage and Temperature to the Performance of Pod Components and Seedling Growth.

Este estudio tiene como objetivo determinar el efecto del período de almacenamiento de las mazorcas de cacao a dos temperaturas diferentes sobre la viabilidad de las semillas y el crecimiento de las plántulas (...) Se aplicó un diseño de parcelas divididas con la temperatura de almacenamiento como parcela principal y el periodo como subparcela. Las mazorcas de cacao del clon Sulawesi-1 fueron cultivadas y almacenadas a 20 °C y 29 °C durante 3, 7, 14 y 30 días. Las mazorcas de cacao almacenadas a 20 °C durante 30 días tuvieron un contenido de agua del 45%, el crecimiento de las plántulas fue del 98,7 %. El almacenamiento de las mazorcas de cacao a 29 °C durante 30 días redujo el contenido de agua a un 44,2 % (...) El almacenamiento de mazorcas a temperatura ambiente puede ser realizado durante 14 días, mientras que, a temperatura controlada, podría llevarse a cabo durante 30 días.

DOI: [10.22302/icri.jur.pelitaperkebunan.v37i2.424](https://doi.org/10.22302/icri.jur.pelitaperkebunan.v37i2.424), marzo 2021, Indonesia [11].

Uso de residuos de trituración como fuente de nutrientes en el desarrollo de plántulas de cacao en Medicilândia PA.

Use of Crushing Residue as Nutrients Source in the Cocoa Seedlings Development in Medicilândia – PA.

El trabajo evaluó el desempeño agronómico de las plántulas de cacao en diferentes tratamientos con polvo de Diabasa Penatecaua. El estudio comprende las siguientes fases: i) caracterización de los residuos involucrados, ii) definición y muestreo de los tratamientos; iii) monitoreo y evaluación; iv) sistematización y discusión de resultados (...) El experimento se realizó con plántulas de cacao germinadas en sustrato orgánico comercial en el período de julio a septiembre de 2019. La delineación experimental fue totalmente aleatoria, con cuatro repeticiones por tratamiento, siendo ellos respectivamente en las dosis 0, 25, 50 y 75 (g/planta), siendo 16 plantas por bloque, totalizando 64 plantas, y su irrigación manual en las primeras horas del día (...) Los resultados mostraron que las dosis fueron absorbidas por las plántulas de cacao de acuerdo con la necesidad de la planta aliada al equilibrio del pH, lo que fue causado por el buen ciclo nutricional con la alta tasa de materia orgánica presente en el sustrato comercial al entrar en contacto con la granulometría del polvo.

DOI: [10.31686/ijier.vol9.iss6.3186](https://doi.org/10.31686/ijier.vol9.iss6.3186), junio 2021, Brasil [12].

Efecto del quitosano en la propagación vegetativa de cacao (*Theobroma cacao* L.) por esquejes de tallo.

Effect of Chitosan on the Vegetative Propagation of Cacao (*Theobroma Cacao* L.) by Stem Cuttings.

El bioestimulante Quitomax®, cuyo principal ingrediente bioactivo es el quitosano, es un inductor de crecimiento y resistencia, y un agente antimicrobiano. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de Quitomax® sobre dos variedades comerciales de cacao, y compararlo con el producto comercial Raizyner GNS (...) El diseño experimental fue un arreglo factorial con los dos clones de cacao (A) y tres concentraciones de quitosano (100, 500 y 1000 mg/L) (B), con tres repeticiones por tratamiento. Como controles se utilizaron plantas sin tratar y plantas tratadas con Raizyner GNS (5000 mg/L) (...) El bioestimulante Quitomax® promovió un aumento significativo en las variables de crecimiento vegetativo evaluadas en los clones de cacao en comparación con los controles. En lo que respecta a la regeneración de plantas, Quitomax® disminuyó los niveles de los esquejes de tallo sin raíces entre un 18 % y un 50 %. Además, Quitomax® favoreció la promoción del crecimiento y la bioestimulación de las plantas de cacao durante la reproducción clonal con mejores resultados que los obtenidos con Raizyner GNS.

DOI: [10.28940/terra.v39i0.1008](https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.1008),
septiembre 2021, México [13].

Contaminación ambiental por metales pesados en algunas plantaciones de cacao seleccionadas en el estado de Oyo, Nigeria.

Environmental Heavy Metal Contamination in Some Selected Cocoa Plantations in Oyo State, Nigeria.

El objetivo del presente estudio fue determinar la contaminación por metales pesados en muestras de suelo obtenidas de plantaciones de cacao seleccionadas al azar en seis localidades de Nigeria, esto debido al uso frecuente de pesticidas a base de cobre para el control de plagas y enfermedades del cacao (...) En las muestras recolectadas se determinó la presencia y cantidades de cobre, cromo, cadmio, manganeso, plomo y zinc. También se evaluaron los niveles de contaminación de cada una de las muestras de suelo, utilizando el factor de contaminación, el grado de contaminación, el índice de geoacumulación y el índice de carga contaminante (PLI) (...) Los resultados obtenidos del estudio revelaron un deterioro gradual de los suelos cacaoteros analizados. Los valores de PLI también dieron una indicación de la contaminación. Por lo tanto, los productores de cacao en el estado deben estar debidamente informados sobre el uso de pesticidas sintéticos y ser alentados a adoptar prácticas integradas de manejo de plagas que no enfatizan el uso de productos químicos. DOI: [10.9734/cjast/2021/v40i831333](https://doi.org/10.9734/cjast/2021/v40i831333), mayo 2021, Nigeria [14].

Las especies de árboles de sombra afectan el intercambio de gases y la conductividad hidráulica de los cultivares de cacao en un sistema agroforestal.

Shade Tree Species Affect Gas Exchange and Hydraulic Conductivity of Cacao Cultivars in an Agroforestry System.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las especies maderables (*Cedrela odorata* L., *Cordia thaisiana* Agostini, *Swietenia macrophylla* King y *Tabebuia rosea* (Bertol) A.D.C.) sobre el comportamiento fisiológico de tres cultivares agrícolas de cacao que crecen a la sombra de estas; el papel de los tallos verdes en la economía de carbono y coordinación entre la conductividad hidráulica del tallo y la fotosíntesis del tallo en el cacao (...) La tasa de asimilación de CO₂ fotosintético de tallo joven verde fue positiva y la tasa de asimilación de CO₂ de doble hoja, lo que indica una contribución positiva de los tallos verdes a la economía de carbono del cacao. Las especies maderables mostraron un efecto significativo en las características de intercambio de gases de la hoja y en la conductancia estomática del cacao (...) Se concluyó que los diferentes regímenes de sombra determinados por las especies maderables y la interacción con el cultivo de cacao tuvieron un efecto importante en las características fisiológicas y variables de crecimiento de los tres cultivos de cacao.

DOI: [10.1093/treephys/tpaa119](https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa119), septiembre 2020, Venezuela [15].

Impacto de los sistemas agroforestales en la fertilidad mineral de los suelos bajo los árboles de cacao en Toumodi, Costa de Marfil.

Impact of Agroforestry Systems on Mineral Fertility of Soils under Cocoa Trees in Toumodi, Cote D'Ivoire.

Se evaluó el impacto de diferentes sistemas agroforestales en la fertilidad mineral de los suelos bajo los árboles de cacao (...). La elección de las plantaciones de cacao fue por la densidad de árboles asociados a los cacaotales definiendo una tipología de agroforestales (simples, mixtos o complejos). Así, en cada sistema agroforestal considerado, se colocaron al azar tres parcelas delimitadas de 100 m² para hacer un inventario florístico de las especies encontradas y tomar cada vez muestras elementales de suelo en los primeros horizontes a 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad para constituir las muestras compuestas para los análisis químicos (...) El estudio demostró que cada sistema agroforestal tiene características distintas según su diversidad florística y su densidad de árboles asociados. Todos ellos son preservadores de un cierto nivel de biodiversidad y de la fertilidad química de los suelos bajo los árboles de cacao, pero mucho más a 0-20 cm que a 20-40 cm.

DOI: [10.9734/ijpss/2021/v33i1730545](https://doi.org/10.9734/ijpss/2021/v33i1730545), julio 2021, Costa de Marfil [16].

Motivar a los cacaoteros para que adopten prácticas agroforestales para mitigar el cambio climático.

Motivating Cocoa Farmers to Adopt Agroforestry Practices For Mitigating Climate Change.

En esta investigación, determinaron los factores que motivan a los cacao cultores a utilizar prácticas agroforestales para mejorar la producción de alimentos y mitigar el cambio climático (...) Se analizaron los datos recogidos de 120 agricultores mediante herramientas estadísticas de análisis descriptivo y de regresión. Encontramos que el acceso a la información ($\beta = 0,23$; $t = 2,18$) y al servicio de extensión ($\beta = 0,23$; $t = 2,27$) se asoció con una mayor disposición de los agricultores a participar en la agroforestería, mientras que las actitudes negativas ($\beta = -0,29$; $t = -3,21$) se asociaron con una menor participación de los agricultores de cacao en las prácticas agroforestales (...) Finalmente, se concluye que los programas eficaces de mitigación del cambio climático deben hacer más para motivar a los agricultores a adoptar prácticas agroforestales, aumentando su comprensión de los beneficios que se derivan de los mercados de carbono y proporcionándoles las herramientas necesarias para emplear estas prácticas para la mitigación del cambio climático y una producción de alimentos más sostenible.

DOI: [10.1017/s1742170521000223](https://doi.org/10.1017/s1742170521000223), junio 2021, Nigeria [17].

Evaluación de densidades de siembra en sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región Pacífica colombiana.

Plant Spacing Assessment in Cocoa (*Theobroma Cacao* L.) Agroforestry in the Colombian Pacific Region.

Este estudio se realizó entre 2016 y 2017 teniendo en cuenta dos fases. En la primera fase, se realizó una caracterización del sistema de producción de cacao en la región del Pacífico colombiano. Esta caracterización incluyó la evaluación de densidades de siembra, las especies asociadas al cacao, los costos de producción, las fuentes financieras y los rendimientos del sistema. En la segunda fase, se realizó un análisis de densidades de siembra de las plantas utilizando los resultados de la fase de caracterización (...) Se desarrolló un modelo de programación lineal que utiliza las tres densidades de plantas más utilizadas por los productores (3 x 3 m; 3,5 x 3,5 m y 4 x 4 m). La fuerza de trabajo, las cuotas bancarias mensuales y los ingresos mínimos del agricultor se consideraron como restricciones del modelo. Este modelo se optimizó con el software GAMS, utilizando el solucionador CPLEX. Se encontró que el espaciamiento de las plantas de 4 x 4 m (625 plantas ha⁻¹) era la solución óptima que maximizaba la rentabilidad.

DOI: [10.15446/agron.colomb.v39n3.90131](https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n3.90131), septiembre 2021, Colombia [18].

Las eficacias de los agrobosques de cacao dependen de la altura de las copas de los árboles de sombra.

The Effectiveness of Cocoa Agroforests Depends on Shade-Tree Canopy Height.

Se evaluó cómo los árboles de sombra con diferentes arquitecturas de copa influyen en los objetivos de producción, adaptación y mitigación en una región productora de cacao (...) Se cuantificaron los efectos de los árboles de sombra de nueve especies diferentes a través de dos clases de altura hasta la base de la copa (copas bajas vs. elevadas) sobre el rendimiento, el microclima y el almacenamiento de carbono. Mostramos que los árboles de sombra con copas elevadas tuvieron grandes efectos positivos en el almacenamiento de carbono y efectos neutros en el rendimiento, mientras que los árboles de sombra con copas bajas tuvieron menores efectos en el almacenamiento de carbono y simultáneamente causaron mayores reducciones en la luz entrante, lo que se asoció con un menor rendimiento. Los resultados sugieren que las especies de árboles de sombra con copas elevadas mejoran la eficacia de los agroforestales de cacao al proporcionar los máximos beneficios para la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo, al tiempo que minimizan los costes a corto plazo para la producción de cacao.

DOI: [10.1016/j.agee.2021.107676](https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107676),
diciembre 2021, Australia [19].

Transpiración de árboles jóvenes de cacao bajo restricción de agua en el suelo.

Transpiration of Young Cocoa Trees under Soil Water Restriction.

Este estudio tuvo como objetivo la estimación de la transpiración de árboles jóvenes de cacao en función de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y del potencial mátrico del suelo (Ψ_w) (...) Se realizaron dos experimentos, uno en invernadero y otro en el campo, utilizando clones y plantas seminales. Se controló el contenido de agua del suelo, la transpiración de las plantas y la evapotranspiración de referencia (...) Los árboles de cacao fueron sometidos a una reducción de la humedad del suelo y su transpiración disminuyó tanto en el campo como en el invernadero, debido a la disminución del potencial mátrico del suelo. En el invernadero la transpiración media se estimó linealmente en función de la ET_o cuando Ψ_w fue superior a -24,89 kPa. En condiciones de campo, la transpiración de las plantas clonales disminuyó linealmente más allá del potencial mátrico crítico de -65,02 kPa, mientras que en las plantas seminales esta reducción se produjo más allá de -79,48 kPa. Las plantas clonales fueron más sensibles a las variaciones del agua del suelo, con una transpiración media inferior a la de las plantas seminales de cacao.

DOI: [10.1590/1678-992x-2019-0093](https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0093),
septiembre 2021, Brasil [20].

Comprender las limitaciones en las decisiones de adopción de riego en entornos con datos limitados: un nuevo enfoque empírico probado en los cultivos de cacao de Ecuador.

Understanding Constraints on Private Irrigation Adoption Decisions under Uncertainty in Data Constrained Settings: A Novel Empirical Approach Tested on Ecuadorian Cocoa Cultivations.

Este trabajo desarrolla un novedoso enfoque holístico para modelar las decisiones de inversión privada en la adopción de riego por parte de pequeños y medianos productores de cacao que se enfrentan a fuentes de incertidumbre que compiten entre sí (...) En los estudios agrícolas, la recopilación de datos a través de encuestas suele dar lugar a problemas de falta de información sobre las principales variables medidas. Nuestro enfoque aborda simultáneamente la cuestión de la endogeneidad al considerar diversas fuentes de riesgo y los valores perdidos en covariables clave. El estudio considera múltiples niveles de adopción de riego en un contexto en el que pueden coexistir sistemas de riego tradicionales y modernos. Las principales aportaciones de este trabajo son tanto su enfoque metodológico como su aplicación empírica, que viene a colmar una laguna de conocimiento sobre la adopción del riego.

DOI: [10.1111/agec.1266](https://doi.org/10.1111/agec.1266), agosto 2021, Bélgica [21].

2.3 Trabajos de grado

Perfil lipidómico de los lípidos bioactivos durante la fermentación espontánea del cacao de aroma fino.

El presente estudio pretende analizar el lipidoma de las fermentaciones de cacao de sabor fino y el licor de cacao resultante utilizando LC-MS-QTOF. Los resultados revelaron que el lipidoma del cacao se compone principalmente de ácidos grasos, glicerofosfolípidos y otros pequeños grupos de lípidos como glicerolípidos, lípidos esteroides, esfingolípidos y lípidos prenoides (...) Se exploró la posible actividad biológica de los lípidos identificados mediante un enfoque de aprendizaje automático. Entrenamos varios algoritmos de aprendizaje automático utilizando un conjunto de datos con 493 compuestos bioactivos y no bioactivos. Después de optimizar y probar todos los algoritmos, encontramos que K-Nearest Neighbors (KNN) tenía el mejor rendimiento. A continuación, utilizaron este modelo para clasificar los lípidos identificados (...) Así, nominaron 8 moléculas como potenciales lípidos bioactivos basándonos en sus descriptores moleculares. Según los autores, este es el primer trabajo que revela el perfil lipidómico del cacao de sabor fino y, el primer intento sistemático de investigar su potencial bioactividad.

[Diciembre 2021, Colombia](#) [22].

Predicción de las vías metabólicas para producir naringenina a partir de los organismos implicados en la fermentación del cacao y la síntesis de compuestos de valor añadido.

Surge el interés por conocer las vías metabólicas para la generación de flavonoides y productos novedosos a partir de la fermentación, con el objetivo de dar un valor añadido a los derivados del chocolate. Con el fin de predecir un conjunto de rutas metabólicas alternativas para producir el precursor flavonoide naringenina a partir de los aminoácidos L-tirosina y L-fenilalanina, se realizó el algoritmo OptStoic (...) Se obtuvieron dos rutas metabólicas para la producción del flavonoide naringenina, una por aminoácido, codificadas por los genes PAL / TAL, 4CL, CHI, CHS a partir de la L-tirosina y el gen C4H adicional a los anteriores a partir de la L-fenilalanina (...) Se realizó el FBA para analizar las capacidades metabólicas de *E. coli* para producir naringenina incorporando la ruta no nativa predicha utilizando la cepa *E. coli* ATCC 8739, obteniendo un crecimiento de $0,8616 \text{ mmol/gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y un flujo de producción de naringenina de $0,1231 \text{ mmol/gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Finalmente, se realizó un análisis OptKnock con el que se obtuvo el conjunto de reacciones knockout para mejorar la producción de flavonoides.

[2021, Colombia](#) [23].

Evaluación productiva y potencial de ingresos económicos de 12 sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de Honduras.

Se registraron datos dasométricos para evaluar el crecimiento de las especies maderables y explorar los efectos sobre la productividad y la dinámica de las principales enfermedades del cacao (...) La metodología permitió: a) construir las curvas y tasas de crecimiento de los maderables: diámetro (DAP), altura total (Ht), volumen comercial (Vc) y biomasa en Vc (Bio), mediante regresiones lineales, ANOVA y prueba DGC ($p < 0,05$) (...) Todos los maderables tuvieron un crecimiento anual de 1 m en Ht y 2,25 cm de DAP y un Vc promedio de $4,4 \text{ m}^3/\text{ha/año}$. Los rendimientos de cacao fueron negativamente afectados por el componente maderable, disminuyendo a medida que incrementa la cobertura (sombra) y el área basal de los maderables (...) Los mejores rendimientos de cacao se registraron en asocio con *Dalbergia glomerata*, *Plathymiscium dimorphandrum* y *Macrohasseltia macroterantha* con 1365, 1250 y 1011 kg/ha/año, respectivamente.

[2021, Costa Rica](#) [24].

Estudio del efecto de la remoción de cadmio en el grano de cacao utilizando estrategias de migración a base de nanoliposomas.

El presente trabajo expone un proceso para remover cadmio en el grano de cacao en baba con un 31.95 % de remoción para pruebas a escala laboratorio de 1 a 5 kg de cacao en baba. Mientras que, en la segunda etapa, haciendo uso del análisis metagenómico se pretende elucidar el efecto de la remoción de cadmio en el microbioma presente en los granos de cacao durante el proceso de fermentación (...) No obstante, el cacao presenta cadmio (Cd), el cual es un metal pesado que se comporta químicamente de manera análoga a elementos como el calcio y el zinc. La Unión Europea recomienda manejar una concentración de este metal inferior o igual a $0.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de cacao.

[2021, Colombia](#) [25].

Sustentabilidad de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el cantón Pueblo Viejo de la Provincia de Los Ríos.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la sustentabilidad de fincas productoras de cacao (...) Se construyeron 8 indicadores en la dimensión ecológica: Competencia por malezas, incidencia de insectos-plaga, presencia de insectos que afectan gravemente el cultivo, enfermedades que afectan mayormente al cultivo,

frecuencia de aplicaciones de agrotóxicos, tipo de agroquímicos que aplica, gestión de insectos-plagas/enfermedades, y manejo integrado de plagas (...) Las fincas productoras de cacao CCN-51, lograron un Índice General de Sustentabilidad (ISG) de 2,26, alcanzando un valor de 3,8 solo en el Indicador Sociocultural (ISC), las dimensiones económica y ecológica, alcanzaron un Indicador Económico (IK) de 1,5 y un Indicador Ecológico (IE) de 1,5; respectivamente (...) Solamente el 1 % de fincas productoras de cacao, cumplieron con todos los requisitos de la sustentabilidad, puesto que en la metodología utilizada todas las dimensiones deben alcanzar un valor superior a 2 y el Índice General de Sustentabilidad (ISG) debe ser mayor a 2. Los resultados muestran que se deben realizar mejoras importantes en las variables evaluadas, sobre todo en aquellas que se obtuvieron valores inferiores a 2, lo que conllevará a la optimización de los recursos.

[Mayo 2021, Ecuador](#) [26].

Efecto de una concentración elevada de CO_2 y su interacción con la temperatura sobre la fotosíntesis y el crecimiento en cacao mexicano.

Se evaluó la respuesta fisiológica, crecimiento (altura de las plantas (h), diámetro del tallo (d), área foliar (AF), distribución de biomasa, área foliar específica, coeficiente de peso foliar, coeficiente de área foliar y relación

vástago-raíz) y la plasticidad fenotípica de los parámetros morfológicos y fisiológicos de dos clones de cacao Criollo mexicano (INIFAP-8 y Neocriollo) cultivados en cámaras de crecimiento controlado, a diferentes condiciones de $[CO_2]$ (400 y 1200 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) y temperatura (30 y 40 °C) (...) Se encontró un aumento significativo en A N , EUA, y en tasa de transporte de electrones (J), así como un aumento en el crecimiento (biomasa, AF, d y h) en ambos clones cultivados a $[CO_2]$ elevado (1200 $\mu\text{mol mol}^{-1}$). Sin embargo, el estrés por altas temperaturas (40 °C) afectó considerablemente la fisiología y el crecimiento de ambos clones; observándose una disminución en la actividad fotoquímica, la biomasa y en las medidas alométricas (...) Los resultados muestran que los efectos fisiológicos generados por las $[CO_2]$ elevado podrían disminuir el impacto negativo del aumento de las temperaturas, aumentando el rango de tolerancia del cacao en el futuro.

[2021, Venezuela](#) [27].

Bibliografía

[1] F. Li, J. Lai, B. Wu, G. Wu, Z. Wang, X. Qin y Z. Zhu. CN113100005A, Método de enmacetado para el árbol del cacao, 2021.

[2] J. Gil, S. López, R. Quiroga, J. Benavides, N. Chaali y D. Bravo. Cadmium Distribution in Soils, Soil

Litter and Cacao Beans: A Case Study from Colombia. Int. J. Environ. Sci. Technol, 19(4): 2455-2476, 2021.

[3] T. Fungenzi, R. Sakrabani, P. Burgess, S. Lambert, y P. McMahon. Medium-Term Effect of Fertilizer, Compost, and Dolomite on Cocoa Soil and Productivity in Sulawesi, Indonesia. Experimental Agriculture, 57(3): 185-202, 2021.

[4] N. Mboene, R. Casanova, R. Makondy, I. Antoniadi, M. Karadi, O. Novák, N. Niemenak, y K. Ljung. Dynamics of Auxin and Cytokinin Metabolism during Early Root and Hypocotyl Growth in *Theobroma cacao*. Plants, 10(5):967, 2021.

[5] J. Schmidt, A. DuVal, A. Puig, A. Tempeleu, y T. Crow. Interactive and Dynamic Effects of Rootstock and Rhizobiome on Scion Nutrition in Cacao Seedlings. Frontiers in Agronomy, 3: 754646, 2021.

[6] S. Shahrudin, M. Mohammad, A. Azwan, H. Ramba y F. Siti. Optimization of Slow-Drying Conditions for Improving Short-Term Storage of Cacao (*Theobroma cacao*) seeds. Asian J. Plant Sci., 20(3): 496-508, 2021.

[7] M. Cayetano, M. Chuyma, A. Romero, J. Muñoz, y P. Villegas. Porcentaje de luminosidad y grano de lijas en el prendimiento del injerto del cacao en Puerto Bermúdez: Percentage of Luminosity and Grain of Sandpaper in the Grafting of Cocoa in Puerto

Bermúdez. Investigación Universitaria UNU, 11(2): 677-692, 2021.

[8] R. Jaimez, G. Vásconez, I. Sotomayor, G. Quijano, J. Morante, F. Arteaga, y G. Cedeño. Physiological and Root Morphological Responses in Different Combinations of Rootstock-Scion of Cacao to Water Deficit. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, 38(3): 630-650, 2021.

[9] E. Anokye, S. Lowor, J. Dogbatse, y F. Padi. Potassium Application Positively Modulates Physiological Responses of Cocoa Seedlings to Drought Stress. Agronomy, 11(3): 563, 2021.

[10] P. Gómez, H. Blanco, A. Francisco, J. Castillo, y W. Tezara. Silicon Dioxide Nanofertilizers Improve Photosynthetic Capacity of Two Criollo Cocoa Clones (*Theobroma cacao* L.). Experimental agriculture, 57(2):85-102, 2021.

[11] A. Wibowo, I. Anita, y A. Wahyu. Implications of Cocoa Pod Storage and Temperature to the Performance of Pod Components and Seedling Growth. Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal), 37(2): 85-96, 2021.

[12] M. de Araújo, S. Silva, V. Farias, M. Trevisan, A. Lobato, C. Cordeiro, R. Silva y G. Lima. Use of Crushing Residue As Nutrients Source In the Cocoa Seedlings Development in Medicilândia – PA. International Journal for Innovation Education and Research, 9(6):426-441, 2021.

[13] J. Reyes, L. Llerena, R. Ramos, M. Ramírez, A. Falcón, R. Pincay y T. Rivas. Effect of Chitosan on the Vegetative Propagation of Cacao (*Theobroma cacao* L.) by Stem Cuttings. Terra Latinoamericana, 39:1-9, 2021.

[14] G. Adewoye y N. Amusa. Environmental Heavy Metal Contamination in Some Selected Cocoa Plantations in Oyo State, Nigeria. Current Journal of Applied Science and Technology, 40(8):1-6, 2021.

[15] E. Ávila, H. Blanco, O. Móvil, L. Santiago, y W. Tezara, 2021. Shade Tree Species Affect Gas Exchange and Hydraulic Conductivity of Cacao Cultivars in an Agroforestry System. Tree Physiology, 41(2): 240-253, 2021.

[16] N. Rene, K. Guillaume, V. Boue y B. Sidiky. Impact of Agroforestry Systems on Mineral Fertility of Soils under Cocoa Trees in Toumodi, Cote D'ivoire. International Journal of Plant & Soil Science, 33(17):10-22, 2021.

[17] K. Arimi, y A. Omoare. Motivating Cocoa Farmers to Adopt Agroforestry Practices for Mitigating Climate Change. Renewable Agriculture and Food Systems, 36(6): 599-604, 2021.

[18] J. Pérez, J. Rojas, y A. Zabala. Plant Spacing Assessment in Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Agroforestry Systems in the Colombian Pacific

Region. *Agronomía Colombiana*, 39(3): 426-437, 2021.

[19] W. Blaser, S. Hart, J. Oppong, D. Kyereh, E. Yeboah, y J. Six. The Effectiveness of Cocoa Agroforests Depends on Shade-Tree Canopy Height. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 332: 107676, 2021.

[20] L. Fraga, L. Vellame, A. Oliveira y V. Paz. Transpiration of Young Cocoa Trees under Soil Water Restriction. *Scientia Agricola*, 78 (2), 2021.

[21] G. Villa, F. Cavazza, C. Jordan, M. Arias, P. Herrera, R. Espinel, D. Viaggi y S. Speelman. Understanding Constraints on Private Irrigation Adoption Decisions under Uncertainty in Data Constrained Settings: A Novel Empirical Approach Tested on Ecuadorian Cocoa Cultivations. *Agricultural Economics*, 52(6): 985-999, 2021.

[22] F. Herrera. Perfil lipidómico de los lípidos bioactivos durante la fermentación espontánea del cacao de aroma fino. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de los Andes, Colombia, 2021.

[23] L. Suárez. Prediction of Metabolic Pathways to Produce Naringenin from the Organisms Involved in the Fermentation of Cocoa and Synthesis of Value-Added Compounds. Universidad de los Andes, Colombia, 2021.

[24] O. Ramírez. Evaluación productiva y potencial de ingresos económicos de 12 sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de Honduras. Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza, Costa Rica, 2021.

[25] J. Mendoza. Estudio del efecto de la remoción de cadmio en el grano de cacao utilizando estrategias de migración a base de nanoliposomas. Universidad de los Andes, Colombia, 2021.

[26] V. Pino. Sustentabilidad de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el cantón Pueblo Viejo de la Provincia de Los Ríos. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, 2021.

[27] F. Rios. Efecto de una concentración elevada de CO₂ y su interacción con la temperatura sobre la fotosíntesis y el crecimiento en cacao mexicano. Departamento de Botánica. Universidad Central de Venezuela, 2021.

Capítulo 3

Manejo integrado de plagas

3.1 Publicaciones científicas

3.2 Trabajos de grado

Resumen

El presente capítulo está compuesto por 20 publicaciones científicas y 03 tesis de grado, orientadas al manejo integrado de plagas, que son un conjunto de prácticas y estrategias cuyo enfoque se centra en los biocontroladores como una alternativa sostenible y rentable en el control de plagas, así como, el monitoreo y control fitosanitario para la prevención, control, eliminación o curación de las enfermedades de las plantas de cacao. El propósito es ofrecer al lector herramientas para minimizar las pérdidas de su cultivo mediante responsabilidad socio ambiental, conocimiento científico y técnico para disminuir poblaciones de plagas y pesticidas nocivos tanto para la salud como el ambiente, procurando la estabilidad y bienestar del cultivo de cacao. Además, fomenta el crecimiento de cultivos sanos, perturbando lo menos posible los ecosistemas agrícolas e impulsando los mecanismos naturales de control de plagas.

Palabras claves: cacao, manejo integrado de plagas, biocontroladores, control fitosanitario.

Capítulo 3

Manejo integrado de plagas

3.1 Publicaciones científicas

Secuencias completas del genoma de tres aislados del virus del mosaico leve del cacao recientemente descubiertos en *Theobroma cacao* L. en Brasil y Puerto Rico y evidencia de recombinación.

Complete Genome Sequences of Three Newly Discovered Cacao Mild Mosaic Virus Isolates From *Theobroma Cacao* L. In Brazil and Puerto Rico and Evidence for Recombination.

El objetivo principal de la investigación es analizar el ADN asociado a los árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) que muestran síntomas similares a los del virus en Brasil (BR) y Puerto Rico (PR) (...) Se aisló el ADN total de las hojas sintomáticas y se sometió a la Secuenciación Illumina de alto rendimiento. Las secuencias completas ensambladas del genoma de Badnavirus se verificaron mediante amplificación por PCR, clonación y secuenciación del ADN (...) En conclusión, basándose en las distancias entre pares y en el análisis filogenético, se identificaron tres genomas de Badnavirus, y se descubrió que estos virus eran aislados del virus del mosaico leve del cacao (CaMMV). Los tres genomas tenían un tamaño de 7.520, 7.524 y 7.514 pb para los

aislados CaMMV-BR321, CaMMV-BR322 y CaMMV PR3.

DOI: [10.1007/s00705-021-05063-5](https://doi.org/10.1007/s00705-021-05063-5), abril 2021, Estados Unidos [1].

Detección del virus del mosaico leve del cacao (CaMMV) mediante PCR anidada y evidencia de distribución desigual en el tejido de la hoja.

Detection of cacao mild mosaic virus (CaMMV) using nested PCR and evidence of uneven distribution in leaf tissue.

El objetivo de este estudio fue determinar o detectar la presencia del virus del mosaico del cacao (CaMMV) en plantas de *Theobroma cacao* con síntomas y asintomáticas, utilizando cebadores de diagnóstico publicados (...) Sin embargo, no se detectó el virus en otras plantas sintomáticas. Para hacer frente a la alta diversidad de patógenos y al bajo título del virus en plantas recientemente infectadas se desarrolló una prueba de PCR anidada basada en 15 secuencias del CaMMV de Trinidad y Puerto Rico. La prueba se validó en un subconjunto ($n = 30$) de plantas en el invernadero, de las cuales 29 resultaron positivas (...) Se cree que la mayoría de las infecciones se produjeron durante la última etapa del periodo de cuarentena, posiblemente debido a la propagación por cochinillas. Sin embargo, el análisis filogenético reveló la presencia de tres cepas, lo que sugiere que se introdujo en la

madera de vástago a partir de múltiples fuentes. Los resultados de los ensayos de PCR en diferentes tejidos foliares indican que el virus está distribuido de forma desigual y que el tejido del peciolo debe utilizarse en el diagnóstico molecular.

DOI: [10.3390/agronomy11091842](https://doi.org/10.3390/agronomy11091842), septiembre 2021, Estados Unidos [2].

Evaluación de aislados de *Trichoderma spp.* en el tratamiento de semillas y la producción de plántulas de cacao.

Evaluation of *Trichoderma spp.* Isolates in Cocoa Seed Treatment and Seedling Production.

Los aislados de *Trichoderma spp.*, se han utilizado para controlar enfermedades y promover el crecimiento de las plantas. Se evaluó el efecto de algunos aislados de *Trichoderma spp.* en el tratamiento de semillas y la producción de plántulas de *Theobroma cacao* (...) Se probaron cinco aislados de la región amazónica. En laboratorio, se evaluaron las siguientes variables para el tratamiento de semillas: germinación, índice de velocidad de germinación, longitudes de radícula e hipocótilo e incidencia de hongos. En vivero, se ensayaron las siguientes formas de aplicación: a través de las semillas; en el sustrato en la preplantación; se evaluó la altura, el

diámetro, el número de hojas, la longitud de las raíces, el área foliar y la masa seca de los brotes y el sistema radicular (...) La inoculación con *Trichoderma* aumentó la longitud de la radícula y del hipocótilo y no mostró hongos en las semillas. En las plántulas, algunos tratamientos aumentaron la altura y la masa seca de las raíces. El uso de *Trichoderma* fue beneficioso para las semillas y pareció favorable para la producción de *T. cacao*.

DOI: [10.3390/plants10091964](https://doi.org/10.3390/plants10091964), septiembre 2021, Brasil [3].

Un método simple para la extensión de la vida útil de cultivos de especies de *Phytophthora* que causan la enfermedad de la mazorca negra del cacao (*Theobroma cacao* L.).

A Simple Method for the Extension of Shelf Life of Cultures of *Phytophthora* Species Causing Black Pod Disease of Cacao (*Theobroma cacao* L.).

La enfermedad de la mazorca negra del cacao causada por *Phytophthora palmivora* y *Phytophthora megakarya* en Ghana cobra un alto precio en la producción de cacao en el campo. Esta investigación informa los resultados de la evaluación de seis medios de almacenamiento, a saber, agua destilada esterilizada (SDW), suspensión de suelo esterilizada y no esterilizada (SSS y USS), caldo de jugo de vegetales 8 (V8JB), agar de harina de avena inclinado bajo aceite mineral (a 4 °C)

y tubo vacío (...) La viabilidad de los cultivos se evaluó en V8JA y en la prueba de cloruro de tetrazolio. Se utilizó la capacidad de las zoosporas de los cultivos para infectar los discos de hojas de cacao para evaluar el vigor de crecimiento y la patogenicidad (...) Los cultivos de *Phytophthora* almacenados en SDW (26 ± 2 °C; alternando luz diurna y nocturna) se conservaron durante 60 días. Tanto *P. palmivora* como *P. megakarya* se desempeñaron mejor en SDW y SSS que en USS debido a la eliminación de sustancias añejas en el medio del suelo por la esterilización.

DOI: [10.4314/gjs.v62i1.1](https://doi.org/10.4314/gjs.v62i1.1), julio 2021, Ghana [4].

Identificación de código de barras de ADN de *Conopomorpha cramerella* (Snellen 1904) (Lepidoptera: Gracillariidae) y otras polillas que afectan al cacao en Papúa Nueva Guinea.

DNA Barcode Identification of *Conopomorpha Cramerella* (Snellen 1904) (Lepidoptera: Gracillariidae) and Other Moths Affecting Cacao in Papua New Guinea.

El objetivo de este estudio fue reportar el uso de códigos de ADN para investigar la población y diversidad genética de especies de polillas de las mazorcas de cacao (CPB) que infectan plantaciones de cacao en Papúa Nueva Guinea (PNG)(...) La diversidad genética entre *C. cramerella* en PNG se limitó a cuatro haplotipos estrechamente

relacionados, dos de los cuales eran comunes en PNG (...) Se encontró evidencia de una estructura genética de población significativa entre las provincias de PNG continentales y del este de la costa. Diez polillas no coincidían genéticamente con *C. cramerella*. Cuatro larvas que infestaban las mazorcas de cacao se emparejaron genéticamente con *Thaumatotibia zophophanes* (Turner 1946) y una especie no definida de *Conopomorpha*. Se desconoce hasta qué punto estas dos especies de polillas adicionales afectan a la industria del cacao en PNG. Sin embargo, su baja representación aquí indica que pueden tener menos prominencia que la extendida *C. cramerella*.

DOI: [10.1111/aen.12559](https://doi.org/10.1111/aen.12559), julio 2021, Australia [5]

Actividad antifúngica de los componentes químicos de *Piper pesaresanum* C. DC. y derivados contra hongos fitopatógenos del cacao.

Antifungal Activity of Chemical Constituents from *Piper Pesaresanum* C. DC. and Derivatives Against Phytopathogen Fungi of Cocoa.

El objetivo fue determinar el potencial antifúngico de los constituyentes químicos de *Piper pesaresanum* y algunos derivados sintetizados frente a tres hongos fitopatógenos asociados con el cultivo de cacao (...) La metodología incluyó el estudio fitoquímico de la

parte aérea de *P. pesaresanum*, la síntesis de algunos derivados y la evaluación de la actividad antifúngica frente a los hongos *Moniliophthora roreri*, *Fusarium solani* y *Phytophthora sp* (...) El estudio químico permitió el aislamiento de tres derivados del ácido benzoico (1-3), una dihidrochalcona (4) y una mezcla de esteroides (5-7). Los derivados del ácido benzoico mostraron una fuerte actividad antifúngica contra *M. roreri*. Dihidrochalconas y derivados de ácidos fueron activos contra *F. solani* y *Phytophthora sp*. La relación estructura-actividad preliminar, permitió establecer que las cadenas preniladas y el grupo carboxilo son importantes en la actividad antifúngica de los derivados del ácido benzoico. Asimismo, se dedujo una influencia positiva del grupo carbonilo sobre la actividad antifúngica para las dihidrochalconas.

DOI: [10.3390/molecules26113256](https://doi.org/10.3390/molecules26113256), mayo 2021, Colombia [6].

***Carmenita foraseminis* Eichlin y *Phytophthora palmivora* en frutos de *Theobroma cacao* L. en Satipo, Perú.**

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento sinérgico de la polilla del cacao y la pudrición parda sobre la incidencia en los frutos (...) Se recolectó mensualmente, desde marzo hasta

agosto, frutos de cada planta entre híbridos naturales y clones de cacao (...) Al partir los frutos maduros se observó y registró la presencia larval de la plaga. La infestación de la polilla fue de 45,99 % al 91,18 %, lo que indica un promedio de infestación de 68,59 %. *P. palmivora* es el principal problema fungoso de frutos, independiente y asociado a *Carmenita foraseminis*, las proporciones de frutos dañados por la polilla en sinergia con el pseudohongo respecto a los daños de la polilla sola disminuyen desde marzo (1,73) hasta agosto (0,07). El clon CCN-51 es más susceptible para ambas plagas, ICS-95 es más susceptible a la polilla; las variedades criollas muestran mayor tolerancia.

DOI: [10.17268/manglar.2021.037](https://doi.org/10.17268/manglar.2021.037), septiembre 2021, Perú [7].

***Ceratocystis cacaofunesta* modula diferencialmente el proteoma en tejido enriquecido con xilema de genotipos de cacao con resistencia contrastante al marchitamiento por *Ceratocystis*.**

Ceratocystis cacaofunesta Differentially Modulates the Proteome in Xylem-Enriched Tissue of Cocoa Genotypes with Contrasting Resistance to *Ceratocystis* Wilt.

La marchitez causada por el hongo *Ceratocystis cacaofunesta*, ha destruido millones de árboles de *Theobroma cacao* en varios países de América. En este estudio, mediante

proteómica, biología de sistemas y análisis enzimáticos de tallos infectados, fue posible inferir los mecanismos utilizados por los genotipos de cacao resistentes (TSH1188) y susceptibles (CCN51) durante la infección (...) Se realizó extracción de proteína de tejido enriquecido en xilema de tallos inoculados con el hongo y sus controles un día después de la inoculación, seguida de separación mediante electroforesis en gel bidimensional e identificación por espectrometría de masas. La actividad enzimática se determinó a los 1, 3, 7 y 15 días después de la inoculación (...) La disminución de la acumulación de polifenol oxidasa, la acumulación de H_2O_2 , la regulación eficaz de la muerte celular programada y una proteína prevista como alergénica pueden desempeñar funciones clave en la defensa del cacao contra *Ceratocystis cacaofunesta*.

DOI: [10.1007/s00425-021-03747-5](https://doi.org/10.1007/s00425-021-03747-5), octubre 2021, Brasil [8].

Manejo agroecológico de la Moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal.

Moniliophthora roreri es el causante de grandes pérdidas económicas en el sector cacaotero ecuatoriano. La poda de las ramas y el uso de

biofungicidas está siendo considerado por los agricultores como método de control, sin embargo, se desconoce la efectividad de los mismos cuando se combinan. Así, el objetivo de la presente investigación fue determinar el mejor tipo de control de la *moniliasis* mediante 4 tratamientos en la provincia del Cañar (...) T1: *Bacillus sp* + poda; T2: *Trichoderma sp* + poda; T3: *Mancozeb*; T4: Testigo con solo poda (...) Pese a las diferencias que se mostraron para las variables incidencia, número de flores y pepinos sanos entre los tratamientos, se corrobora que la aplicación de cualquier tipo de fungicida disminuye el daño ocasionado con el hongo y que la poda por sí sola es la menos eficiente, tal cual lo mostró la variable rendimiento, misma que no presentó diferencias estadísticas entre el tratamiento T1 y T2; sin embargo el análisis económico arrojó como el de mayor rentabilidad al T1 (*Bacillus sp* + poda), con una relación beneficio costo de 1,29 dólares con una aplicación de 1,5 l ha⁻¹.

DOI: [10.33996/revistaalfa.v5i15.129](https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.129) diciembre 2021, Ecuador [9].

Identificación del virus del mosaico leve (CaMMV) y del virus de las bandas amarillas (CYVBV) en germoplasma de cacao (*Theobroma cacao*).

Identification of Cacao Mild Mosaic Virus

(CaMMV) and Cacao Yellow Vein-Banding Virus (CYVBV) in Cocoa (*Theobroma cacao*) Germplasm.

El objetivo de este estudio es informar nuevos ensayos para la detección del virus mosaico de cacao (CaMMV) y el virus de la vena amarilla de cacao (CYVBV), por primera vez en accesiones no sintomáticas (...) Se emplearon ensayos de amplificación isotérmica (LAMP) mediada por bucle colorimétrica para la detección de CYVBV. Los conjuntos de cebadores de lámpara utilizados en este estudio se diseñaron a partir de la región RT-RNasa H del genoma CyvBV (acceso número KX276641) utilizando la herramienta de diseño de cebadores de lámpara NEB (...) En este estudio se identificó la presencia de dos badnavirus diferentes en una variedad de árboles de cacao asintomáticos. Junto con el reciente descubrimiento de secuencias de virus relacionados integrados en los genomas de este cultivo, los hallazgos actuales permitirán el fortalecimiento de los procedimientos de cuarentena existentes y reducirán aún más el riesgo que los virus, incluso aquellos que tienen un efecto mínimo en su huésped, evadan la detección.

DOI: [10.3390/v13112152](https://doi.org/10.3390/v13112152),
octubre 2021, Reino Unido [10].

***Moniliophthora perniciosa*, el agente causal de la enfermedad de la escoba de brujas de Cacao es asesinada in vitro por las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y *Wickerhamomyces anomalus*.**

Moniliophthora Perniciosa, the Causal Agent of Cacao Witches' Broom Disease is killed in Vitro by *Saccharomyces cerevisiae* and *Wickerhamomyces anomalus* Yeasts.

En este trabajo, un grupo de cepas de levadura que se originan en procesos fermentativos basados en la caña de azúcar en Brasil (*W. anomalus* LBMC1105 y *S. cerevisiae* PE2), se probaron por su capacidad para antagonizar a *M. perniciosa* in vitro (...) Las levaduras inhibieron el crecimiento de los hongos y matar el hongo a tres temperaturas diferentes, bajo hambre, en diferentes etapas de cultivo o usar un inóculo de antiguas culturas de levadura. Este estudio también presenta una nueva profundidad en el modo por el cual estas levaduras antagonizan el hongo, en particular *W. anomalus* cuyo comportamiento es compatible con el de un micoparásito necrotrófico, lo cual representa el paso inicial hacia la formulación de una nueva alternativa ecológica y efectiva para controlar la WBD, que consiste en la aplicación de suspensiones de levadura viva, sin la necesidad de la purificación de un compuesto antimicótico específico.

DOI: [10.3389/fmicb.2021.706675](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.706675),
septiembre 2021, Portugal [11].

La tasa de síntoma del barrenador de la mazorca del cacao (*Conopomorpha cramerella*) debido a la combinación de varias concentraciones de solución de neem (*Azadiracta indica*) con el biosurfactante de la palma de oleína dietanolamida y diferentes tamaños de fruta.

The Symptom Rate of Cocoa Pod Borer (*Conopomorpha cramerella*) Due To the Combination of Several Concentrations of Neem (*Azadiracta indica*) Solution Given the Biosurfactant of Diethanolamide Olein Palm and Different Fruit Sizes.

El objetivo de este estudio fue determinar el nivel de ataque del barrenador de la mazorca del cacao (*Conopomorpha cramerella*) debido a la combinación de varias concentraciones de solución de neem (*Azadiracta indica*) (...) El esquema experimental utilizado en este estudio fue una combinación de un factor de diseño de bloques aleatorios repetido cuatro veces y los tratamientos fueron el control, la concentración de 15 %, 25 % y 35 % de solución de hojas jóvenes y semillas de neem más biosurfactante de oleína de palma dietanolamida (DEA) con tamaños de fruta de 0,1-2,0 cm y 8,0-10,0 cm (...) Los resultados mostraron que el tratamiento combinado de concentración 15 % de solución de hojas jóvenes y semillas de neem añadidas con 5 % de biosurfactante DEA palma con un tamaño de fruto de 0,1-2,0 cm y el tratamiento

combinado de concentración 35 % de solución de hojas jóvenes y semillas de neem añadidas con un 5 % de biosurfactante DEA de palma de oleína con un tamaño de fruto de 8,0-10,0 cm tuvieron el mejor efecto sobre la intensidad del ataque.

DOI: [10.1088/17551315/715/1/012048](https://doi.org/10.1088/17551315/715/1/012048), marzo 2021, Indonesia [12].

Mucílago de *Theobroma Cacao* L. como base de un bioantimicrobiano mezclado con dos ácidos débiles: alternativas ecológicas.

Mucilage of *Theobroma cacao* L. as a Base for a Bioantimicrobial Mixed with Two Weak Acids: Ecological Alternatives.

El objetivo de esta investigación fue elaborar un bioproducto útil que pueda mejorar las condiciones de los cultivos afectados por algunas plagas y enfermedades de cultivos de alto interés, cuyo componente principal sea el mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) que, a pesar de ser un desecho, se puede utilizar para hacer mezclas fermentadas que contengan ácidos débiles como el cítrico y el acético, que son eficientes para combatir algunos fitopatógenos (...) Se encontró que algunos cultivos de cacao de dos cantones pertenecientes a la provincia del Guayas se vieron beneficiados con la aplicación del producto (al 80 % v/v), protegiéndolos de insectos y mejorando su aspecto general. Esta propuesta representa una alternativa

ecológica para reducir costos e impactos ambientales, utilizando un bioantimicrobiano de bajo costo de producción que es efectivo para el control de plagas y enfermedades, sin daño visible a las plantaciones tratadas.

DOI: [10.46480/esj.5.4.173](https://doi.org/10.46480/esj.5.4.173),
diciembre 2021, Ecuador [13].

Observaciones sobre el potencial de un hongo endófito asociado con hojas de cacao contra *Phytophthora palmivora*.

Observations on the Potential of an Endophytic Fungus Associated with Cacao Leaves against *Phytophthora palmivora*.

El objetivo fue realizar un estudio para probar la patogenicidad de un hongo endófito asociado a hojas asintomáticas de cacao y determinar su identidad mediante caracterización cultural, morfológica y molecular, así como evaluar su capacidad antagonista frente a *Phytophthora palmivora* causante de la pudrición negra de la mazorca del cacao (...) Los experimentos se llevaron a cabo en condiciones de laboratorio y casa sombra. La homogeneidad de las varianzas y la distribución normal de los datos se determinaron mediante las pruebas de Bartlett y Shapiro-Wilk, respectivamente (...) La inoculación del endófito en plántulas y mazorcas de cacao sanas a razón de 5×10^5 a 1×10^6 conidios por mL mediante aspersión resultó en infecciones

asintomáticas. El endófito se recuperó de tejidos inoculados artificialmente a los 14 y 26 días después de la inoculación (DDI) (plántulas UF18), y a los 10 (plántulas K9) y 14 DAI de mazorcas de cacao. El endófito fue identificado como *Colletotrichum siamense* por sus características culturales, morfológicas y moleculares. Los ensayos antipatógenos *in vitro* mostraron que *C. siamense* tenía el potencial de limitar el crecimiento de patógenos por antibiosis.

DOI: [10.3390/microbiolres12030037](https://doi.org/10.3390/microbiolres12030037)
junio 2021, Filipinas [14].

Análisis filogenético y diversidad genética de *Phytophthora palmivora* que causa la enfermedad de la mazorca negra del cacao en Malasia.

Phylogenetic Analysis and Genetic Diversity of *Phytophthora palmivora* Causing Black Pod Disease of Cocoa in Malaysia.

Este estudio se realizó para aislar e identificar *Phytophthora spp.* de las principales plantaciones de cacao infectadas por la vaina negra en Malasia (...) Se utilizó análisis de secuencias de las regiones de los genes ITS rDNA, EF-1 α y COX1. Se obtuvieron un total de 36 aislamientos de *Phytophthora* de plantaciones de cacao infectadas de cinco estados de Malasia en 2016 y 14 aislamientos en 2013 (...) Los resultados de los análisis filogenéticos del conjunto de datos

combinados de ITS rDNA, COX1 y EF-1 α confirmaron que todos los aislamientos de *Phytophthora* pertenecían a *P. palmivora*. Los aislamientos de *P. palmivora* obtenidos de cacao se agruparon en diferentes subclases según las tres regiones examinadas. El estudio sugiere que una especie de *Phytophthora*, a saber, *P. palmivora*, es responsable de la vaina negra del cacao en Malasia. Sin embargo, la diversidad genética relativamente alta y la separación de los aislamientos en diferentes clados pueden sugerir que *P. palmivora* se ha introducido en Malasia a través de diferentes fuentes.

DOI: [10.1094/php-02-21-0030-fi](https://doi.org/10.1094/php-02-21-0030-fi), junio 2021, Malasia [15].

***Phytophthora theobromicola* sp. nov.: Una nueva especie que causa la enfermedad de la vaina negra en el cacao en Brasil.**

Phytophthora theobromicola sp. nov.: A New Species Causing Black Pod Disease on Cacao in Brazil.

El objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad de especies de *Phytophthora* que afectan al cacao en Brasil (...) Se obtuvieron 40 aislamientos nuevos de mazorcas de cacao que mostraban síntomas de la enfermedad de la vaina negra recolectadas en diferentes fincas de pequeños agricultores en 2017. Además, diez aislamientos que infectan el cacao se identificaron

morfológicamente como *P. citrophthora* y, fueron caracterizadas molecularmente. Las regiones genómicas beta-tubulina, el factor de elongación 1 alfa, la proteína de choque térmico 90 y el espaciador transcrito interno, y los genes de citocromo c oxidasa I y II codificados mitocondrialmente fueron amplificados por PCR y secuenciados con Sanger a partir de aislados de *Phytophthora* que infectan el cacao (...) Se encontraron dos especies de *Phytophthora* asociadas con la enfermedad de la mazorca negra en el Estado de Bahía, Brasil, y la *P. theobromicola*, parece prevalecer en las condiciones de campo. Este es el primer reporte de *P. theobromicola* sobre *T. cacao*. Además, estos hallazgos son cruciales para mejorar las estrategias de control de enfermedades y para el desarrollo de materiales de cacao genéticamente resistentes a *Phytophthora*.

DOI: [10.3389/fmicb.2021.537399](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.537399), marzo 2021, Brasil [16].

Selección de clones de cacao para resistencia a *Phytophthora palmivora* mediante inoculación artificial e infección natural en campo.

Selection of Cocoa Clones for Resistance to *Phytophthora palmivora* by Artificial Inoculation and Natural Infection in the Field.

El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia de 73 clones de cacao contra *Phytophthora*

palmivora mediante la inoculación de discos foliares con una mezcla de suspensión de zoosporas de siete aislados o mediante la colocación de discos de filtro de papel sumergidos en la mezcla de suspensión de zoosporas, en dos puntos de las mazorcas desprendidas (...) Los ensayos *in vitro* fueron duplicados (A1 y A2) para los discos foliares (8 réplicas de 5 discos cada una/bloque/clon), y para las mazorcas con un número variable de réplicas por clon (...) Los datos se transformaron en índice de gravedad de la enfermedad (ID) y área de la lesión (A). Los resultados mostraron que todos los clones evaluados fueron efectivamente infectados por el patógeno en todas las pruebas, y los valores medios de ID y A variaron significativamente. Aunque se observaron correlaciones significativas entre A1 y la infección de la vaina desprendida, y entre A2 y la infección natural de campo, esta última mostró el mayor coeficiente de correlación.

DOI: [10.1007/s40858-021-00427-3](https://doi.org/10.1007/s40858-021-00427-3), febrero 2021, Brasil [17].

El sistema patológico de la *Moniliophthora perniciosa* en la mazorca del cacao: estrategias de defensa estructurales y activadas estrategias de defensa contra el establecimiento de la enfermedad.

The *Moniliophthora perniciosa* – cacao Pod Pathosystem: Structural and Activated

Defense Strategies against Disease Establishment.

El objetivo de este estudio consistió en evaluar el proceso infeccioso de *Moniliophthora perniciosa* en mazorcas de cacao de diferentes fuentes resistentes a la enfermedad de la escoba de bruja del cacao; es decir, TSH1188 (resistente) y Catongo (susceptible), a nivel histológico y enzimático (...) Se inocularon las mazorcas con una suspensión de basidiosporas y se evaluaron semanalmente los síntomas de la escoba de bruja (...) Las evaluaciones histológicas revelaron diferencias entre los clones en los eventos de pre y de la penetración de *M. perniciosa*. En comparación con el catongo, el inicio y desarrollo de la colonización fúngica se retrasó y fue menor en las mazorcas de TSH1188. Además, las actividades de peroxidasa fueron mayores durante las primeras etapas de la infección (0-48 HAI) en la interacción incompatible. Estos resultados sugieren que las mazorcas de cacao TSH1188 tienen mecanismos estructurales y bioquímicos que pueden dificultar/retrasar la infección de *M. perniciosa*.

DOI: [10.1016/j.pmpp.2021.101656](https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101656), abril 2021, Brasil [18].

Gestión de la plaga de Cacao *Ephestia Cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) utilizando el polvo y

extracto de aceite etanólico de *Zingiber officinales*.

Management of Store Pest of Cocoa *Ephestia Cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) using the Powder and Ethanolic Oil Extract of *Zingiber officinales*.

Este estudio reveló el efecto de contacto del polvo de rizoma de *Z. officinales* en las etapas de desarrollo de la *Ephestia cautella* y evaluó el efecto fumigante de su polvo y del extracto de aceite en las etapas de desarrollo de *E. cautella*. (...) La actividad insecticida botánica contra *E. cautella* en frijoles de cacao almacenados se evaluó en el laboratorio administrando polvo (rizoma de *Z. officinales* a diferentes concentraciones, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g). La acentuabilidad del huevo, la emergencia de los adultos, la mortalidad de las larvas y la mortalidad adulta de la polilla se usaron como índices de actividad insecticida. Se evaluó la mortalidad de la larva y los adultos a las 24, 48, 72 y 96 h. Este experimento se presentó en un diseño completamente aleatorizado con tres réplicas (...) Los hallazgos revelaron que el polvo rizoma y el extracto de aceite etanólico de *Z. officinales* son efectivos para el control de *E. cautella* en el frijol de cacao seco en almacenamiento ya que inhibieron el desarrollo de *E. cautella* de huevos a etapa adulta.

DOI: [10.1007/s42690-021-00650-0](https://doi.org/10.1007/s42690-021-00650-0), septiembre 2021, Nigeria [19].

Levaduras asociadas a partes aéreas de *Theobroma cacao* L. en el sur de Bahía, Brasil, como posibles agentes de biocontrol contra *Moniliophthora perniciosa*.

Yeasts Associated with Aerial Parts of *Theobroma cacao* L. In Southern Bahia, Brazil, as Prospective Biocontrol Agents against *Moniliophthora perniciosa*.

Los objetivos de este estudio fueron evaluar la diversidad de las levaduras nativas del cacao e investigar su posible interacción con *Moniliophthora perniciosa* (...) Se aislaron 225 cepas de levadura de la superficie de hojas, frutos y flores de 20 genotipos de cacao seleccionados como portadores de genes de resistencia a *M. perniciosa* y *M. roreri*, agentes causantes de las enfermedades escoba de bruja (WB) y podredumbre de la mazorca (FPR), respectivamente. Las levaduras aisladas se identificaron molecularmente a partir de las secuencias de las regiones D1/D2 e ITS1/ITS4 del ADNr (...) Se encontró un total de 20 taxones distribuidos en 11 géneros: *Hannaella* (23), *Cryptococcus* (9), *Candida* (11), *Hanseniaspora* (4), *Kwoniella* (1), *Occultifur* (3), *Rhodotorula* (17), *Pichia* (2), *Sporobolomyces* (1), *Wicherhamomyces* (1) y *Yamadazyma* (1). Los tejidos filoplánicos mostraron la mayor riqueza: el 55 % de especies y el 81,82 % de los géneros identificados. Este estudio es el primero en mostrar la gran

diversidad de levaduras encontradas en el fitobioma del cacao y el descubrimiento de al menos seis microorganismos con excelente potencial como BCA contra la enfermedad de la escoba de bruja del cacao.

DOI: [10.1007/s40858-020-00418-w](https://doi.org/10.1007/s40858-020-00418-w), enero 2021, Brasil [20].

3.2 Trabajos de grado

Potencial antifúngico de constituyentes aislados de especies del género Piper presentes en Cundinamarca contra hongos fitopatógenos asociados al cacao (*Theobroma cacao* L).

La presente investigación contribuye en la búsqueda de sustancias provenientes de las especies del género Piper con potencial antifúngico sobre hongos fitopatógenos asociados a los cultivos de cacao (*Moniliophthora roreri*, *Fusarium solani* y *Lasiodiplodia theobromae*) (...). La metodología comprendió la identificación de las especies con potencial capacidad para inhibir el crecimiento micelial de los fitopatógenos. Posteriormente, se realizó el estudio fitoquímico biodirigido del extracto de una de las especies con mayor potencial antifúngico (*P. ceanothifolium*) y finalmente se realizó la

caracterización de la actividad antifúngica de constituyentes químicos presentes en especies del género Piper (...). Los resultados obtenidos en el estudio fitoquímico desarrollado sobre las inflorescencias de *P. ceanothifolium* condujo al aislamiento e identificación de dos nuevas hidroquinonas (1 y 5), junto a tres compuestos conocidos (2, 3 y 4), siendo este el primer reporte de estos compuestos para la especie. Finalmente, la investigación aporta a la caracterización del potencial antifúngico de algunos constituyentes químicos presentes en especies del género Piper frente a fitopatógenos asociados al cultivo del cacao, mediante el establecimiento de relaciones estructura-actividad preliminar frente a la inhibición del crecimiento micelial sobre cada fitopatógeno.

[Noviembre 2021, Colombia](#) [21].

Caracterización del proceso productivo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Naranjal, provincia del Guayas.

El siguiente trabajo de investigación define las características socioeconómicas y tecnológicas del sistema productivo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Naranjal. Se utilizó el método cualitativo y cuantitativo, basado en los tipos de investigación bibliográfica y descriptiva, donde se

investigó los índices sociales, los factores económicos y factores productivos que intervienen en el sector cacaotero del cantón. Se aplicó una encuesta con el fin de recopilar información sobre las características socioeconómicas y tecnológicas de la población estudiada, siendo estos un total de 84 viveristas, los cuales se utilizaron como muestra total, con la finalidad de obtener un resultado más preciso. Los datos que se evaluaron fueron: edad y género de los productores, nivel de educación, vivienda, servicios básicos, tenencia de predio, riego, nivel tecnológico, insumos agrícolas utilizados, costo de mantenimiento del vivero, asistencia técnica, producción y comercialización de plantas al mes, percepción del precio y fuente de financiamiento

[Septiembre 2021, Ecuador](#) [22].

Estudio de la diversidad microbiana asociadas a suelos cacaoteros con presencia de cadmio (Cd) y evaluación de su potencial biorremediador.

El objetivo de esta tesis fue estudiar muestras de suelo cultivadas con plantaciones comerciales de cacao en presencia de distintas concentraciones de Cd, microbiota bacteriana con tolerancia asociada a Cd, identificando sus mecanismos de acción y determinar el factor de translocación del metal a la planta

(...) Por otro lado, se estudió, para doce cepas nativas, su tolerancia e inmovilización de Cd en medio de cultivo. La capacidad de captura del metal en el medio de cultivo fue caracterizada por microscopía electrónica de transmisión (TEM), reportando dos mecanismos como extracelular (biosorción a nivel de pared celular) e intracelular (precipitación de Cd en citoplasma) (...) Los resultados mostraron que, independiente del género bacteriano, la biomasa en la planta de cacao aumenta y la concentración de Cd se distribuyó y bioacumuló en las partes de las plantas. Sin embargo, cierto grado de inmovilización de Cd pudo ocurrir en el suelo, lo que impidió una mayor concentración de Cd en raíz (...) En conclusión, la combinación de diferentes enfoques permitió analizar la microbiota cultivable y no cultivable con características de biosorción y bioprecipitación de Cd, las cuales están presentes en los suelos cacaoteros bajo distintas concentraciones de Cd.

[Octubre 2021, Colombia](#) [23].

Bibliografía

[1] R. Ramos, M. Ferro y T. Nagata. Complete Genome Sequences of Three Newly Discovered Cacao Mild Mosaic Virus Isolates from *Theobroma cacao* L. in Brazil and Puerto Rico and Evidence for

Recombination. Arch Virol, 166(7):1-5. 2021

[2] A. Puig. Detection of Cacao Mild Mosaic Virus (CaMMV) using Nested PCR and Evidence of Uneven Distribution in Leaf Tissue. Agronomy, 11(9), 1842. 2021

[3] W. de Sousa, N. Brito, C. Felseburgh, T. Vieira, y D. Lustosa. Evaluation of *Trichoderma spp.* Isolates in Cocoa Seed Treatment and Seedling Production. Plants, 10(9), 1964. 2021.

[4] I. Amoako, E. Kumi, y Y. Bukari. A Simple Method for the Extension of Shelf Life of Cultures of *Phytophthora* Species Causing Black Pod Disease of Cacao (*Theobroma cacao* L.). Ghana Journal of Science, 62(1). 2021.

[5] D. Gopurenko, P. Gillespie, R. Minana, y O. Reynolds. DNA Barcode Identification of *Conopomorpha Cramerella* (Snellen, 1904) (Lepidoptera: Gracillariidae) and other Moths Affecting Cacao in Papua New Guinea. Austral Entomology, 60(3):598-609. 2021.

[6] L. Chitiva, C. Ladino, L. Cuca, J. Prieto y O. Patiño. Antifungal Activity of Chemical Constituents from *Piper Pesaresanum* C. DC. and Derivatives against *Phytopathogen* Fungi of Cocoa. Molecules, 26(11), 3256. 2021.

[7] J. Alomía, C. Alomía y B. Vega. *Carmenta foraseminis* Eichlin y *Phytophthora palmivora* en frutos de *Theobroma cacao* L. en Satipo, Perú. Manglar, 18(3). 2021.

[8] I. Mora, C.P. Pirovani, E. Luz, A. Rêgo, E. Silva, M. Rhodes, y R. Corrêa. *Ceratocystis cacaofunesta* Differentially Modulates the Proteome in Xylem-Enriched Tissue of Cocoa Genotypes with Contrasting Resistance to *Ceratocystis wilt*. Planta, 254(5). 2021.

[9] W. Pilaloo, D. Pérez, A. Alvarado y S. Torres. Manejo agroecológico de la Moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal. Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria, 5(15):453-468. 2021.

[10] I. Ullah, A. Daymond, P. Hadley, M. End, P. Umaharan, y J. Dunwell. Identification of Cacao Mild Mosaic Virus (CaMMV) and Cacao Yellow Vein-Banding Virus (CYVBV) in Cocoa (*Theobroma cacao*) Germplasm. Viruses, 13(11), 2152. 2021.

[11] P. Ferraz, R. Brandão, F. Cássio y C. Lucas. *Moniliophthora Perniciosa*, the Causal Agent of Cacao Witches' Broom Disease is Killed in Vitro by *Saccharomyces cerevisiae* and *Wickerhamomyces*

- anomalus* Yeasts. *Frontiers in Microbiology*, 12:706675. 2021.
- [12] D. Hastuti y F. Eris. The Symptom Rate of Cocoa Pod Borer (*Conopomorpha cramerella*) Due To the Combination of Several Concentrations of Neem (*Azadiracta indica*) Solution Given the Biosurfactant of Diethanolamide Olein Palm and Different Fruit Sizes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 715:012048. 2021.
- [13] S. Moreno, E. Morán, I. Quijije y D. Ochoa. Mucílago de *Theobroma Cacao* L. como base para un bioantimicrobiano mezclado con dos ácidos débiles: alternativas ecológicas. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4). 2021.
- [14] J. Sadoral y C. Cumagun. Observations on the Potential of an Endophytic Fungus Associated with Cacao Leaves against *Phytophthora palmivora*. *Microbiology Research*, 12(3):528-538. 2021.
- [15] W. Alsultan, G. Vadamalai, H. Saud, A. Khairulmazmi, M. Wong, A. Jaaffarand y A. Nasehi. Phylogenetic Analysis and Genetic Diversity of *Phytophthora palmivora* Causing Black Pod Disease of Cocoa in Malaysia. *Plant Health Progress*, 22(3):260-271. 2021.
- [16] J. Decloquement, R. Ramos, S. Elias, D. Britto, A. Puig, A. Reis y J. Marelli. *Phytophthora theobromicola* sp. nov.: A New Species Causing Black Pod Disease on Cacao in Brazil. *Frontiers in microbiology*, 12:537399. 2021.
- [17] V. de Souza, E. Luz, J. Pires, M. dos Santos, E. dos Santos, G. de Souza Rodrigues y A. Neto. Selection of Cocoa Clones for Resistance to *Phytophthora palmivora* by Artificial Inoculation and Natural Infection in the Field. *Tropical Plant Pathology*, 46:455-464. 2021.
- [18] I. Meraz, M. Carvalho, K. Sena, Y. Soares, A. Junior, U. Lopes y K. Gramacho. The *Moniliophthora perniciosa*-Cacao Pod Pathosystem: Structural and Activated Defense Strategies against Disease Establishment. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 115:101656. 2021.
- [19] J. Akinneye, S. Akinwotu, F. Ologundudu, M. Akinyemi, y A. Owoeye. Management of Store Pest of Cocoa *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) using the Powder and Ethanolic Oil Extract of *Zingiber officinales*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1):1323-1330. 2021.
- [20] A. Neto, T. Santos, E. Duarte, T. de Oliveira, E. de Andrade Silva, A. Uetanabaro y D. Laranjeira. Yeasts Associated with Aerial Parts of *Theobroma cacao* L. in Southern Bahia, Brazil, as Prospective

Biocontrol Agents against *Moniliophthora perniciosa*. Tropical Plant Pathology, 46:109-128. 2021.

[21] Y. Mahecha. Potencial antifúngico de constituyentes aislados de especies del género Piper presentes en Cundinamarca contra hongos fitopatógenos asociados al cacao (*Theobroma cacao L.*). Universidad Nacional de Colombia. 2021.

[22] R.C. Cedeño. Caracterización del proceso productivo de plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*), en el cantón Naranjal, provincia del Guayas. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil. 2021.

[23] P. Feria. Estudio de la diversidad microbiana asociadas a suelos cacaoteros con presencia de cadmio (Cd) y evaluación de su potencial biorremediador. Universidad Nacional de Colombia. 2021.

Capítulo 4

Poscosecha, procesamiento e innovación tecnológica

- 2.1 Patentes**
- 2.2 Publicaciones científicas**
- 2.3 Trabajos de grado**

Resumen

Este último capítulo contiene 11 patentes, 20 publicaciones científicas y 03 tesis de grado, las cuales están orientados a los aspectos técnicos de poscosecha que representan innovaciones de manejo óptimo para lograr establecer un producto con estándares de calidad que permitan mantener la integridad de este, así como, el procesamiento e innovaciones tecnológicas que destacan por mejorar la calidad de los granos del cacao. Además, el capítulo aborda la elaboración de nuevos productos a partir del cacao, el diseño y desarrollo de equipos como métodos de fermentación artificial controlada de granos de cacao para optimizar la fermentación y, por ende, las propiedades sensoriales de los granos de cacao como el realce del sabor. Es importante mencionar que, la utilización de estas innovaciones se fomenta debido a que, el cacao de alta calidad es valorado a nivel nacional e internacional por sus características organolépticas y a la revalorización de los residuos productos de la fermentación del cacao.

Palabras claves: cacao, poscosecha, procesamiento e innovación tecnológica, fermentación.

Capítulo 4

Poscosecha, procesamiento e innovación tecnológica

4.1 Patentes

Mejora de la calidad del grano de cacao mediante una tecnología de fermentación mejorada.

Improved Cocoa Bean Quality by Enhanced Fermentation Technology.

La presente solicitud se refiere a un método para procesar granos de cacao, en el cual comprende los pasos de separar los granos y la pulpa de al menos una mazorca de cacao, proporcionando así una mezcla fresca; escurrir la miel de cacao de la mezcla fresca e incluir una perforación (antes, al inicio y/o durante el escurrido), generando una mezcla escurrida; opcionalmente, inocular la mezcla escurrida con un inoculante a base de miel de cacao (...) La mezcla opcionalmente inoculada antes de, al inicio y/o durante la fermentación, proporciona granos de cacao fermentados; y secar y/o tostar los granos de cacao fermentados. Además, la solicitud también se refiere a los granos de cacao obtenidos según dicho método y al uso de dichos granos de cacao para la preparación de chocolate y otros productos a base de cacao.

[WO2021/123181A1](#), junio 2021, Brasil [BR] [1].

Cámara de fermentación y método para fermentar el fruto del cacao.

Fermentation Chamber and Method for Fermenting Cacao Fruit.

La invención se refiere a una cámara de fermentación y a un método para fermentar frutos de cacao. En particular, a una cámara de fermentación y a un método para la fermentación artificial controlada de frutos de cacao enteros o de granos de cacao. Según la invención para fermentar la fruta de cacao, se mide la respiración de la fruta de cacao en una cámara cerrada. La cámara de fermentación está configurada para llevar a cabo un método para fermentar frutos de cacao.

[WO2021/037752A1](#), marzo 2021, Alemania [DE] [2].

Un novedoso proceso de doble fermentación para un chocolate con sabor a fruta y propiedades antioxidantes.

A Novel Double Fermentation Process for Fruit Flavored Chocolate with Antioxidant Properties.

La invención proporciona un proceso novedoso para la fermentación de los granos de cacao. El cual comprende una primera fermentación seguida de una segunda de los granos de cacao. La segunda etapa de fermentación comprende la adición de pulpa de fruta y/o corteza a los granos de cacao empapados de la primera fermentación y utiliza microflora

autóctona presente en la pulpa y/o la corteza de la fruta. Dicho proceso mejora la propiedad antioxidante y el perfil de sabor de los granos de cacao.

[WO2021/048869A1](#), marzo 2021, India [IN] [3].

Fermentador giratorio de cacao automatizado.

Automated Revolving Cocoa Fermenter.

La invención hace referencia a un fermentador de cacao giratorio y automatizado, que comprende un recipiente caracterizado por tener forma de cilindro horizontal, una tolva de recepción de pulpa de cacao, una cuchara que eleva la pulpa de cacao y la deposita en un sinfín transportador con tres trampillas y tres correderas que se abren y cierran automáticamente y que depositan la pulpa de cacao dentro del cilindro horizontal, ventanas fijas con rejillas de acero para la salida de los gases de fermentación al exterior, ventanas fijas con rejillas de acero para la entrada de aire y la oxigenación de la pulpa durante el proceso de agitación, un reloj digital para controlar el tiempo de fermentación, un ordenador PLC que supervisa, controla y registra todas las operaciones con base en la información generada por una serie de sensores electrónicos, con una pantalla táctil, una tolva para recibir el cacao fermentado y luces de aviso

que indican el inicio y la finalización del proceso de fermentación.

[WO2021/170197A1](#), septiembre 2021, República Dominicana [DO] [4].

Cacao en polvo para salsa que contiene leche fermentada, y producto lácteo fermentado.

Cocoa Powder for Fermented Milk-Containing Sauce, and Fermented Dairy Product.

La presente invención hace referencia a un cacao en polvo para salsa que contenga leche fermentada apto para su consumo en combinación con leche fermentada. Contiene cacao en polvo y ron, con un pH entre 5 - 8 a 25 °C.

[JP2021078372A](#), mayo 2021, Japón [JP] [5].

Chocolate como sustituto de la manteca de cacao, resistente a la congelación y proceso de preparación del mismo.

Anti-Freezing High-Temperature-Resistant Cocoa Butter Replacer Chocolate and Preparation Process Thereof.

La invención se refiere a un chocolate sustituto de la manteca de cacao resistente a la congelación y a las altas temperaturas, una receta que consiste en un aceite de alto punto de fusión, un aceite de bajo punto de fusión, cacao en polvo, azúcar, malta negra fermentada en polvo, fosfolípido y ricinoleato de

poliglicerol, y el chocolate sustituto de la manteca de cacao resistente a la congelación y a las altas temperaturas, que puede prepararse mediante los procesos de fusión del aceite, disolución del emulsionante, pesaje del material, agitación, molienda gruesa, molienda fina, enfriamiento, formación y similares. El chocolate descrito en la invención tiene un buen rendimiento resistente a la congelación y a las altas temperaturas. El revestimiento de la superficie del producto o los productos de aplicación similar relacionados después del transporte en cadena de frío o el almacenamiento a baja temperatura no pueden agrietarse, de modo que se puede mantener el estado liso de la superficie.

[CN112471308A](#), marzo 2021, China [CN] [6].

Pulpa de cacao secada por pulverización.

Spray Dried Cacao Pulp.

El objetivo de la presente divulgación está dirigido a un ingrediente alimenticio novedoso, pulpa de cacao secada por pulverización sobre un soporte, sus métodos para prepararlos y utilizarlos.

[WO 2021/026089 A3](#), febrero 2021, Estados Unidos [US] [7].

Producto de fermentación de nibs de cacao y levadura seca de cerveza y método de fabricación del mismo.

Fermentation Product of Cacao Nibs and Beer-Dried Yeast and Method for Manufacturing the Same.

La presente invención se refiere a un producto que reduce el sabor astringente y amargo de la catequina mediante la fermentación de una mezcla de nibs de cacao y levadura de cerveza seca con bacterias del ácido láctico, y permite consumir la catequina en una cantidad recomendada al tiempo que se reduce el riesgo de efectos secundarios de esta. Además, mejora el sabor, pudiendo así consumirse fácilmente.

[KR20210142478A](#), noviembre 2021, Corea del sur [KR] [8].

Probiótico microencapsulado y composiciones que lo contienen.

Microencapsulated Probiotic and Compositions Containing the Same.

La invención hace referencia a una microcápsula probiótica que comprende una vaina de estasis probiótica, un portador rico en nutrientes y una capa de barrera protectora. Los probióticos microencapsulados descritos son útiles para incluirlos en productos de consumo y para el cuidado de la piel.

[WO 2021/061586 A1](#), abril 2021, Estados Unidos [US] [9].

Extracto de cáscara de granos de *Theobroma cacao* para controlar la rosácea y el enrojecimiento cutáneo.

Extract of Shells of Theobroma Cacao Beans for Controlling Rosacea and Skin Redness.

La presente invención se refiere a una composición que contiene extracto de cáscaras de granos de *Theobroma cacao* y a las aplicaciones del mismo en los campos de la cosmética y la dermatología para prevenir y/o controlar la rosácea y el enrojecimiento de la piel.

[EP 3787754 A1](#), marzo 2021, Francia [FR] [10].

Composición de la manteca de cacao y proceso para obtenerla.

Cocoa Butter Composition, and Process for Obtaining Same.

La invención se refiere a una nueva composición de manteca de cacao, a un nuevo procedimiento para la obtención de la misma mediante uno o más procedimientos de destilación molecular fraccionada, y a las fracciones específicas obtenidas.

[US 2021/0283043 A1](#), septiembre 2021, Estados Unidos [US] [11].

4.2 Publicaciones científicas

Extracción asistida por microondas para maximizar el rendimiento de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de la cáscara de la mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Microwave-assisted Extraction for Maximizing the Yield of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity from Cacao Pod Husk (*Theobroma cacao* L.).

El objetivo de este estudio es optimizar los parámetros de la extracción asistida por microondas (MAE), para obtener los niveles más altos de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de la cáscara de la mazorca de cacao (CPH) (...) El CPH seco se preparó utilizando un método de secado por microondas. El extracto de CPH se preparó utilizando un método de extracción asistido por microondas. El extracto de CPH en polvo se preparó utilizando los métodos de evaporación al vacío y liofilización. Los compuestos fitoquímicos y la capacidad antioxidante de los extractos de CPH se analizaron mediante métodos espectrofotométricos (...) Los resultados de este estudio revelan que el extracto en polvo obtenido de la CPH en los parámetros óptimos de MAE es una rica fuente de fitoquímicos que posee una gran actividad antioxidante. Por lo tanto,

es un candidato potencial para aplicar en alimentos funcionales. DOI: [10.2174/1573401316999200503032017](https://doi.org/10.2174/1573401316999200503032017), febrero 2021, Vietnam [12].

Fenólicos y alcaloides de los nibs y la cascarilla de cacao crudos: El papel de los antioxidantes solubles e insolubles.

Phenolics and Alkaloids of Raw Cocoa Nibs and Husk: The Role of Soluble and Insoluble-Bound Antioxidants.

El objetivo de este estudio fue informar la presencia de alcaloides fenólicos insolubles y alcaloides insolubles (por ejemplo teobromina, trigonelina, ácido nicotínico y paraxantina) en los nibs y la cáscara de cacao (...) El ácido protocatéquico total, el principal ácido fenólico presente en ambas materias primas, fue aproximadamente hasta 8 veces mayor, considerando ambas fracciones y comparando los resultados utilizando procedimientos comunes que no consideran los componentes ligados insolubles. Además, la fracción insoluble-ligada contribuyó hasta el 40 % de las propiedades antioxidantes de los materiales ensayados. Es necesario disponer de una base de datos fiable sobre el contenido fenólico de los alimentos para evaluar los efectos de su ingesta en diversos parámetros biológicos. Por lo tanto, al demostrar que algunos bioactivos del cacao y de sus subproductos de

procesamiento han sido subestimados en gran medida, este estudio proporciona información crucial que contribuiría a una mejor comprensión de la química de los productos del cacao y de sus potenciales beneficios para la salud. DOI: [10.1016/j.fbio.2021.101085](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101085), agosto 2021, Brasil [13].

El torneado del grano de cacao como método para redirigir el perfil de compuestos aromáticos en la fermentación artesanal del cacao.

Cocoa Bean Turning as a Method for Redirecting the Aroma Compound Profile in Artisanal Cocoa Fermentation.

El objetivo fue determinar el perfil de formación de compuestos aromáticos en la fermentación artesanal del cacao utilizando dos procesos de fermentación artesanal de granos de cacao Criollo con diferentes tiempos de inicio de giro (24 h y 48 h). El perfil aromático del cacao volteado cada 24 h (B1) presentaba compuestos volátiles asociados a fermentados, panificados y afrutados. Mientras que la técnica de volteo de 48 h (B2), proporcionaron compuestos volátiles de aromas florales, amaderados, dulce (...) El tiempo de inicio del volteo de 48 h estimuló un perfil microbiano dominado por levaduras como *Hanseniaspora opuntiae*, *Pichia manshurica* y *Meyerozyma carphophila*, favoreciendo la

producción de acetato de feniletilo, el 2-phe-nilacetaldehído, 3-metilbutanal, alcohol 2-feniletílico, 2,3-butanediona, ácido 3-metilbutanoico y ácido 2-metilpropanoico, mientras que un tiempo de inicio de giro inmediato (24 h) favoreció un entorno aeróbico que estimuló el rápido crecimiento de *Acetobacter pasteurianus*, *Bacillus subtilis* y una mayor biodiversidad de bacterias lácticas (BL), que aumentaron la producción de acetato de etilo y 3-hidroxi-2-butanona (...)

Se concluyó que el método de torneado de los granos de cacao Criollo puede conducir a la formación de compuestos aromáticos deseables.

DOI: [10.1016/j.heliyon.2021.e07694](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07694)
julio 2021. México [14].

Esponjas porosas del mesocarpio de las mazorcas de *Theobroma cacao* L. para posibles aplicaciones de biomateriales.

Porous Sponges from the Mesocarp of *Theobroma Cacao* L. Pod Shells for Potential Biomaterial Applications.

El objetivo de este estudio fue generar esponjas tridimensionales porosas a partir del mesocarpio de la cáscara de la mazorca de cacao con uso potencial en la aplicación de biomateriales (...)

Los discos del mesocarpio de la cáscara de las mazorcas de cacao se sometieron a tratamientos neutros, ácidos y alcalinos, a 25 °C y 100 °C, seguidos

de lavado y liofilización (...)

Las esponjas presentaron altas capacidades de absorción de agua, que aumentaron con la temperatura de tratamiento; las estructuras alcalinas generadas tuvieron la mayor capacidad. La porosidad de las esponjas también dependía del tratamiento, ya que los tratamientos ácido y alcalino generaron poros más grandes, que crecieron significativamente con la temperatura del tratamiento. Se realizaron pruebas preliminares de citotoxicidad in vitro utilizando células madre mesenquimales de gelatina de Wharton, según ISO 10993.5.2009, sin que ninguno de los materiales fuera citotóxico (...)

En general, se considera que las esponjas generadas alcalinas presentaban el potencial más significativo para aplicaciones de biomateriales, que podrían probarse más con estudios de diferenciación y proliferación celular in vitro y posibles ensayos in vivo.

DOI: [10.21931/rb/2021.06.01.14](https://doi.org/10.21931/rb/2021.06.01.14),
febrero 2021, Ecuador [15].

Disección de fermentaciones industriales de cacao fino de aroma mediante análisis metagenómico.

Dissecting Industrial Fermentations of Fine Flavour Cocoa through Metagenomic Analysis.

El cacao de calidad fina es excepcional y tiene unos atributos

afrutados y florales únicos que son muy demandados por los chocolateros de élite del mundo. Varios estudios han destacado la importancia de la fermentación del cacao para producir estos atributos. Sin embargo, se sabe poco sobre las interacciones microbianas y bioquímicas que conducen a la producción de estos atributos en granjas de importancia industrial, donde los métodos tradicionales de fermentación se han pre-estandarizado y ampliado. En este estudio, hemos utilizado un enfoque metagenómico de la fermentación industrial de cacao de alta calidad en las granjas agrícolas para diseccionar fermentaciones industriales en fincas de cacao de aroma fino (...) Nuestros resultados revelaron la presencia de un núcleo compartido de nueve microorganismos dominantes (i.e. *Limosilactobacillus fermentum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pestalotiopsis rhododendri*, *Acetobacter aceti*, *Bacillus subtilis*, *Weissella ghanensis*, *Lactobacillus_uc*, *Malassezia restricta* y *Malassezia globosa*) entre dos granjas situadas en zonas agroecológicas completamente diferentes (...) Además, se construyó un modelo metabólico comunitario y se propuso como herramienta para elucidar las interacciones entre los microorganismos y la bioquímica de los aromas.

DOI: [10.1038/s41598-021-88048-3](https://doi.org/10.1038/s41598-021-88048-3), abril 2021, Venezuela [16].

Perfil de compuestos volátiles de granos de cacao fermentados y secos en finca inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* KY794742 y *Pichia kudriavzevii* KY794725.

Profile of Volatile Compounds of On-Farm Fermented and Dried Cocoa Beans Inoculated With *Saccharomyces Cerevisiae* KY794742 and *Pichia Kudriavzevii* KY794725.

El objetivo de este estudio fue identificar los compuestos volátiles en el cacao fermentado y en granos de cacao seco, conducidas con tres inoculantes distintos de especies de levadura debido a su alta capacidad fermentativa: *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kudriavzevii* y la mezcla en proporciones iguales 1:1 de ambas especies, y su control (...) Se seleccionaron tres cultivos iniciadores de levaduras, previamente aislados e identificados en fermentación de cacao. Las semillas con pulpa fueron removidas manualmente y colocadas en cajas de madera para la fermentación, las almendras se envasaron debidamente y puestas a secar (36 °C), seguido de preparación para el análisis de compuestos volátiles por la técnica de GC-MS. Se observó una alta capacidad para la formación de compuestos deseables en chocolate por los inoculados con *P. kudriavzevii*, que se confirmó mediante análisis multivariante, clasificando estas almendras con el mayor contenido de aldehídos, ésteres, cetonas y alcoholes y baja

concentración de malos sabores (...)
Concluimos que la adición de iniciador de cultivos mixtos puede ser una excelente alternativa para los productores de cacao.

DOI: [10.3390/molecules26020344](https://doi.org/10.3390/molecules26020344),
enero 2021, Brasil [17].

Estudios in vitro de las actividades antioxidante, antidiabética y antibacteriana de *Theobroma cacao*, *Annona muricata* y *Clitoria ternatea*.

In Vitro Studies of Antioxidant, Antidiabetic, and Antibacterial Activities of *Theobroma Cacao*, *Annona muricata* and *Clitoria ternatea*.

El presente estudio exploró el contenido fenólico total y las actividades antioxidante, antibacteriana y antidiabética de cuatro plantas la cáscara de la mazorca de *Theobroma cacao* (variante amarilla y variante púrpura de la cáscara de la mazorca), las hojas de *Annona muricata* y la flor de *Clitoria ternatea* (...) Las propiedades antioxidantes de los extractos y las fracciones se evaluaron mediante un ensayo de DPPH , y su actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* mediante el método de microdilución utilizando resazurina como agente colorante (...) Mientras tanto, para la prueba antibacteriana, la cáscara de la mazorca de *T. cacao* de ambas variantes también poseía los extractos más activos con MIC

(concentración inhibitoria mínima) como de 0,62 mg/mL contra *S. aureus* (...) Además, el análisis FTIR (espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier) sugirió la presencia de moléculas fenólicas en los extractos. Este estudio reveló que la cáscara de la mazorca de *T. cacao* podría ser una fuente potencialmente rica de medicamentos antibacterianos, antioxidantes y antidiabéticos de origen natural.

DOI: [10.1016/j.bcab.2021.101995](https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101995),
mayo 2021, Indonesia [18].

Investigación de la eliminación de cromato y nitrato por adsorción en la superficie de un adsorbente de cáscara de cacao modificado con aminas.

Investigation of Chromate and Nitrate Removal by Adsorption at the Surface of an Amine-Modified Cocoa Shell Adsorbent.

Los iones nitrato (NO_3^-) y cromo (Cr(VI)) procedentes de soluciones acuosas contaminadas fueron adsorbidos con éxito sobre cáscara de cacao funcionalizada (ECAB, un material de desecho agrícola) mediante injerto químico APTES (...) El adsorbente resultante -ECAB-APTES-HCl- se caracterizó mediante SEM, potencial zeta, calorimetría, espectroscopia FTIR y punto de carga cero (...) Se investigaron los parámetros de adsorción para optimizar la eliminación de los iones cromo y nitrato. La máxima

eficiencia de eliminación se estabilizó en torno al 91 – 99 % para el cromo y al 58 % para el nitrato, para una concentración inicial de 50 mg/L de los iones. El proceso de adsorción se ajustó bien a las isothermas de Freundlich y Langmuir, y al modelo de pseudo-segundo orden. En consecuencia, la adsorción en ECAB-APTES-HCl implicó tanto la fisisorción como la quimisorción. Los estudios de desorción demostraron que el 82 % del nitrato y el 79,8 % del cromo se recuperaron en menos de 2 horas (...) Estos resultados abren la posibilidad de eliminar metales pesados de soluciones acuosas en ausencia de limitaciones energéticas, utilizando biomasa de bajo coste funcionalizada de forma relevante para una alta eficiencia de adsorción. DOI: [10.1016/j.jece.2020.104618](https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104618), febrero 2021, Francia [19].

Efecto del origen del grano de cacao y del tiempo de conchado en las propiedades fisicoquímicas y microestructurales del chocolate negro indonesio.

Effect of Cocoa Bean Origin and Conching Time on the Physicochemical and Microstructural Properties of Indonesian Dark Chocolate.

El objetivo de este estudio es investigar el efecto del origen del grano de cacao y del tiempo de conchado sobre las propiedades fisicoquímicas (contenido de agua, textura, color, contenido de grasa bruta y entalpía de fusión) y

microestructurales del chocolate(...) El experimento se llevó a cabo con un diseño factorial completamente aleatorizado que constaba de dos factores origen del grano de cacao (100 % de granos de cacao fermentados de Jember, 100 % de granos de cacao fermentados del sureste de Sulawesi, 50 % de granos de cacao fermentados de Jember + 50 % de granos de cacao no fermentados del sureste de Sulawesi, y 50 % de granos de cacao fermentados del sureste de Sulawesi + 50 % de granos de cacao no fermentados del sureste de Sulawesi) y tiempo de conchado (...) Los resultados mostraron que el origen de las habas de cacao afectaba significativamente a la dureza, la gomosidad y el color del chocolate, incluyendo el nivel de enrojamiento y amarillez, mientras que el tiempo de conchado afectaba al contenido de agua, la dureza, la cohesividad, la elasticidad y el contenido de grasa bruta. DOI: [10.1590/1981-6723.24919](https://doi.org/10.1590/1981-6723.24919), abril 2021, Indonesia [20].

Comparación de los efectos de los parámetros de conchado sobre el contenido de tres flavan 3-oles dominantes, las propiedades reológicas y la calidad sensorial de la masa de leche de chocolate basada en el licor de granos de cacao sin tostar.

Comparison of The Effects of Conching Parameters on the Contents of Three

Dominant Flavan 3-Ols, Rheological Properties and Sensory Quality in Chocolate Milk Mass Based on Liquor From Unroasted Cocoa Beans.

El estudio determinó la relación entre los parámetros variables en la etapa de conchado (es decir, la temperatura y tiempo) y el contenido de polifenoles dominantes (es decir, catequinas, epicatequinas y procianidina B2) en la masa de leche de chocolate (MMC) obtenida de granos de cacao sin tostar(...) De igual manera, en cuanto a la metodología se determinó el aumento de la temperatura de conchado de 50 a 60 °C disminuyó el contenido de tres flavan-3-oles básicos. El mayor número de estos compuestos se determinó cuando el proceso se realizó a 50 °C. Sin embargo, el tiempo que provocó la menor degradación de estos compuestos fue diferente. En el caso de la catequina, fue de 2 h; en el de la epicatequina, de 1 h; y en el de la procianidina, de 3 h. (...) En conclusión, se demostró la influencia tanto de la temperatura como del tiempo de conchado en las propiedades reológicas de la masa de leche con chocolate. A 50 °C, la viscosidad y el límite elástico de la masa conchada mostraron su valor más alto.

DOI: [10.3390/moleculas26092502](https://doi.org/10.3390/moleculas26092502), abril 2021, Polonia [21].

Caracterización y clasificación de cáscaras de cacao de diferentes regiones de Venezuela utilizando técnicas de HPLC-PDA-MS/MS y espectrofotométricas acopladas al análisis quimiométrico.

Characterization and Classification of Cocoa Bean Shells from Different Regions of Venezuela using HPLC-PDA-MS/MS and Spectrophotometric Techniques Coupled to Chemometric Analysis

El estudio tiene como objetivo definir la huella química de la CBS obtenida a partir de granos de cacao de diversos cultivares y recolectados en diferentes zonas geográficas de Venezuela, evaluada mediante cromatografía líquida de alto rendimiento acoplada a matriz de fotodiodos y espectrometría de masas (HPLC-PDA-MS/MS) y ensayos espectrofotométricos combinados con análisis multivariados para su clasificación(...) El estudio metodológico se realizó mediante los cálculos de una huella dactilar completa y datos cuantitativos de 39 compuestos, entre los que se encuentran las metilxantinas y varios polifenoles, como los flavan-3-oles, las procianidinas y los aminoácidos N-fenilpropenoil. Varios marcadores clave del cacao, como la teobromina, la epicatequina, la quercetina-3-O-glucósido, la procianidina_pentósido_3 y el N-cumaroil-l-aspartato_2, se consideraron adecuados para la clasificación de los CBS según su cultivar y origen(...) En conclusión se generaron resultados preliminares

sobre la identificación de posibles contribuyentes a la actividad de barrido de radicales de la CBS para apoyar la valorización de este subproducto como ingrediente bioactivo en la producción de alimentos funcionales.

DOI: [10.3390/foods10081791](https://doi.org/10.3390/foods10081791), agosto 2021, Italia [22].

Biosíntesis de celulosa a partir de los azúcares simples disponibles en el exudado residual del mucílago del cacao.

Cellulose Biosynthesis using Simple Sugars Available in Residual Cacao Mucilage Exudate.

La investigación evaluó el exudado residual del mucílago del cacao (CME, siglas en inglés) como fuente de carbono para la producción de celulosa bacteriana (CB) en un proceso de fermentación estática utilizando la cepa bacteriana *Gluconacetobacter xylinus* (...) Se comparó el CME y el medio de Hestrin Schramm (HS), como medios de crecimiento para la producción de CB. La producción de CB con CME fue baja ($0,55 \pm 0,16$ g/L) cuando se comparó con el medio convencional HS ($4,20 \pm 1,34$ g/L). Sin embargo, resultó ser similar o superior a los rendimientos reportados para sustratos como el zumo y la piel de naranja, de manzana, piña, pera japonesa y zumos de uva. Tras la dilución del CME y la adición de una fuente de nitrógeno la producción de

CB aumentó a $13,13 \pm 1,09$ g/L (...) La producción de BC se amplió de 30 mL a 15 L y no se observaron cambios significativos en los rendimientos y las tasas de producción, lo que sugiere un proceso robusto con posibilidades industriales.

DOI: [10.1016/j.carbpol.2021.118645](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118645) septiembre 2021, Colombia [23].

Mejora de los atributos del cacao de sabor fino mediante un proceso controlado de poscosecha.

Enhancement of Fine Flavour Cocoa Attributes Under a Controlled Postharvest Process.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de la fermentación espontánea y el procesamiento en condiciones controladas de laboratorio utilizando los reactivos ácidos acético y láctico sobre la calidad del cacao de dos cultivares, FEAR 5 y CCN 51, a nivel sensorial y metabolómico (...) En condiciones espontáneas, el cacao difiere en la calidad del sabor. Mientras que el FEAR 5 produce un chocolate de buena calidad global, el chocolate elaborado con CCN 51 no tiene atributos de calidad sobresalientes (...) La transformación en condiciones controladas con reactivos ácidos aumenta la percepción de notas aromáticas finas como atributos afrutados, de nuez y florales en los chocolates elaborados

con ambos cultivares de cacao. Los perfiles metabolómicos permitieron agrupar las muestras de cacao en función del tratamiento poscosecha. Se identificaron 25 metabolitos diferenciales durante los procesos de poscosecha, y estos metabolitos pueden estar relacionados con la expresión de los atributos sensoriales finos; sin embargo, se necesita más investigación.

DOI: [10.1016/j.foodres.2021.110236](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110236), febrero 2021, Colombia [24].

Extracción enzimática y caracterización de la pectina de la cáscara de la mazorca del cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando Celluclast 1.5 L.

Enzymatic Extraction and Characterization of Pectin from Cocoa Pod Husks (*Theobroma cacao* L.) using Celluclast 1.5 L.

El objetivo de la investigación es explorar la extracción enzimática de pectina utilizando celulasas (...) El proceso de extracción se optimizó utilizando un diseño compuesto central (DCP) y se analizó mediante la metodología de superficie de respuesta (RSM). Los parámetros optimizados fueron la concentración de materia prima (%), la dosis de enzima ($\mu\text{L/g}$) y el tiempo (h) (...) En conclusión, utilizando el método de extracción química, se obtuvo un rendimiento de pectina de 8,28 g/100 g de materia prima y un contenido de ácido galacturónico de 42,77 g/100 g de pectina. La pectina

optimizada enzimáticamente presenta características reológicas y fisicoquímicas típicas de este biomaterial, lo que supone una interesante alternativa para la valorización de la cáscara de cacao. DOI: [10.3390/molecules26051473](https://doi.org/10.3390/molecules26051473), marzo 2021, Colombia [25].

Efectos de la duración de la fermentación y del secado en la calidad de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) durante la estación de las lluvias en el Distrito de Juaboso de la Región Occidental-norte de Ghana.

Effects of Fermentation and Drying Durations on the Quality of Cocoa (*Theobroma Cacao* L.) Beans during the Rainy Season in the Juaboso District of the Western-North Region, Ghana.

El objetivo del presente trabajo fue investigar los efectos de las duraciones de la fermentación y el secado en la calidad de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) durante la estación de las lluvias. El estudio empleó un factorial 4×3 con cuatro duraciones de fermentación de 5, 6, 7 y 8 días y tres periodos de secado de 4, 5 y 6 días, lo que dio lugar a un total de 12 combinaciones de tratamiento, dispuestas en un diseño completamente aleatorio con tres repeticiones (...) Se concluyó que el efecto global de los tratamientos sobre los atributos de calidad por la prueba de corte reveló que 8 días de fermentación con el método tradicional de amontonamiento de

hojas, junto con el secado al sol de 6 días durante la temporada de lluvias, dio como resultado una calidad superior de granos con un porcentaje de pureza del 98,00%.

DOI: [10.1186/s42269-021-00634-7](https://doi.org/10.1186/s42269-021-00634-7), octubre 2021, Ghana [26].

Impactos de la madurez de la mazorca de cacao en la cosecha y el período de fermentación del grano en la producción de chocolate con beneficios potenciales para la salud.

Impacts of Cocoa Pod Maturity at Harvest and Bean Fermentation Period on the Production of Chocolate with Potential Health Benefits.

El propósito de esta investigación fue evaluar los efectos de la madurez de la cosecha de la mazorca de cacao (madura y lista) y el período de post-fermentación (1, 3 y 5 días en un ambiente de temperatura controlada) medido por los índices de madurez de pre-cosecha, las pruebas de calidad post-cosecha, las mediciones químicas y la evaluación organoléptica (...) Las mazorcas maduras produjeron judías con un mayor contenido de flavonoles, catequinas y fenoles totales. Los granos fermentados a los 3 días contenían una epicatequina significativamente mayor, con un menor contenido de ácidos grasos libres. El chocolate elaborado a partir de granos maduros con 3 días de fermentación fue más agradable, ya que, obtuvo la mayor puntuación en intensidad y complejidad de sabor y

la menor en acidez y astringencia (...) Este estudio sugiere que las mazorcas de cacao cosechadas en la fase de madurez con una fermentación posterior de 3 días a temperaturas controladas producen granos especiales con potenciales beneficios para la salud.

DOI: [10.1002/jsfa.11494](https://doi.org/10.1002/jsfa.11494), agosto 2021, Malasia [27].

Influencia de *S. cerevisiae* y *P. kluyveri* como iniciadores en el sabor del chocolate.

Influence of *S. cerevisiae* and *P. kluyveri* as Starters on Chocolate Flavour.

El objetivo de estudio fue evaluar el impacto de las cepas *Pichia kluyveri* y *Saccharomyces cerevisiae* como cultivos iniciadores en la fermentación de dos híbridos de cacao, FA13 y CEPEC2002 (...) Durante los procesos de fermentación, se evaluaron los compuestos orgánicos volátiles (COV, siglas en inglés) y los perfiles proteicos. El chocolate obtenido a partir de FA13 inoculado con la cepa *S. cerevisiae* contenía una mayor cantidad de ácidos orgánicos, siendo catalogado como más agrio que el chocolate producido por fermentación espontánea. El CEPEC2002 inoculado con la cepa *S. cerevisiae* en cocultivo con la cepa *P. kluyveri* generó un chocolate menos agrio y más dulce que la fermentación espontánea (...) Los chocolates procedentes de ensayos

inoculados con cultivos iniciadores fueron más aceptados por los evaluadores, lo que pone de manifiesto que *P. kluyveri* y *S. cerevisiae* influyen en la composición de los COV. Además, los perfiles proteicos también cambiaron a lo largo de la fermentación. Deberían realizarse más investigaciones para aclarar la dinámica de degradación de las proteínas durante las fermentaciones inoculadas para definir qué cultivos microbianos afectan positivamente a las características sensoriales del chocolate.

DOI: [10.1002/jsfa.11082](https://doi.org/10.1002/jsfa.11082),
enero 2021, Chile [28].

La combinación sinbiótica de prebiótico, pectina de la cáscara de la mazorca de cacao y probiótico, *Lactobacillus plantarum*, mejora la inmunocompetencia y el crecimiento de *Litopenaeus vannamei*.

Synbiotic Combination of Prebiotic, Cacao Pod Husk Pectin and Probiotic, *Lactobacillus Plantarum*, Improve the Immunocompetence and Growth of *Litopenaeus Vannamei*.

La cáscara de la mazorca de cacao (CPH, siglas en inglés) se aplicó para fabricar pectina CPH con el fin de desarrollar diversas aplicaciones en la acuicultura (...) En este estudio, se introdujeron por separado pectina CPH (5 g/kg de dieta) y *Lactobacillus plantarum* (LP; 1010 ufc/kg de dieta)

en las dietas de *Litopenaeus vannamei* durante un ensayo de alimentación de 56 días, y también se realizaron dos combinaciones sinbióticas de pectina CPH y LP (pectina CPH a 5 g/kg de dieta + LP a 107 ufc/kg de dieta o a 1010 ufc/kg de dieta). Tras el ensayo de alimentación de 56 días, sólo se observó un aumento significativo el porcentaje de ganancia de peso, del porcentaje de ganancia de longitud y de la eficiencia alimentaria en *L. vannamei* en la combinación sinbiótica de pectina CPH a 5 g/kg de dieta y LP a 107 ufc/kg de dieta, mientras que el resto de los tratamientos se mantuvieron similares al control (...) Se concluyó que la pectina CPH o LP se confirmó como un inmunoestimulante para *L. vannamei* para desencadenar la inmunocompetencia a través de la administración oral sin efectos negativos dentro de los 56 días de la prueba de alimentación, y la combinación sinbiótica de pectina CPH y LP exhibió efectos complementarios y sinérgicos sobre el rendimiento del crecimiento y la inmunocompetencia en *L. vannamei*.
DOI: [10.1016/j.fsi.2021.09.023](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.09.023),
septiembre 2021, Taiwan [29].

Síntesis de nanopartículas de ZnO a partir de la cáscara de la mazorca de *Theobroma cacao* L. y su actividad antibacteriana frente a patógenos alimentarios.

Synthesis of ZnO nanoparticles using

Theobroma cacao L. pod husks, and their antibacterial activities against foodborne pathogens.

El objetivo del presente trabajo fue sintetizar las nanopartículas de óxido de zinc (ZnONPs) que tienen propiedades antimicrobianas, esto se llevó a cabo utilizando el extracto de la cáscara de la mazorca de *Theobroma cacao* L. Se evaluaron diferentes parámetros que afectan a la biosíntesis. Una temperatura de 28 °C y un pH de 7 fueron las mejores condiciones para la formación de NPs de pequeño tamaño. La actividad antibacteriana de las ZnONPs se evaluó mediante el ensayo de microtitulación con resazurina. Las concentraciones mínimas inhibitorias de las ZnONPs para *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* fueron de 6,25 y 12,5 µg/mL, respectivamente. Las ZnONPs fueron más potentes que el cloranfenicol, lo que sugiere que son eficaces contra las bacterias resistentes al cloranfenicol. Los resultados del presente trabajo proporcionan un método sencillo, rentable y ecológico para la producción a gran escala de ZnONPs. Además, el estudio destaca el potencial de las ZnONPs como agente antimicrobiano que puede aplicarse a sistemas de envasado de alimentos, textiles y dispositivos médicos.

DOI: [10.47836/ifrj.28.1.10](https://doi.org/10.47836/ifrj.28.1.10), febrero 2021, Taiwan [30].

Fermentación a pequeña escala de los granos de cacao y control del proceso.

Small-scale Fermentation of Cocoa Beans and on-Process Monitoring.

El objetivo de la presente investigación fue el de determinar la cantidad mínima de cacao en grano húmedo necesaria para una fermentación exitosa (...) En los ensayos, se incubaron granos de cacao húmedos en diferentes cantidades (1, 2, 5,5, 7,5, 10, 15 y 40 kg) en cajas de madera separadas durante 4 días (96 h) y se voltearon una vez después de 48 h. La temperatura y el pH de la pulpa y los granos se midieron cada 6 h (...) La fermentación de 40 kg dio como resultado el menor porcentaje de granos morados sin granos grisáceos, mientras que las fermentaciones a menor escala mostraron un mayor número de granos sin fermentar. Se concluyó que la fermentación del cacao en grano puede llevarse a cabo al menos a escala de 5 kg, y que la temperatura a las 42 h podría ser un parámetro para el seguimiento del proceso.

DOI: [10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v37i1.444](https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v37i1.444), abril 2021, Indonesia [31].

4.3 Trabajos de grado

Caracterización de algunos compuestos de interés en los procesos de fermentación y tostado de dos especies de cacao Amazónico.

Se realizó un estudio que consistió en determinar los compuestos fenólicos durante la fermentación y tostado de dos especies *Theobroma bicolor* y *Theobroma grandiflorum*, también se evaluó la formación de compuestos precursores de sabor (...) Las mazorcas de las dos especies se cosecharon en zona rural, se retiró cerca del 30 % de la pulpa y se realizó un proceso de fermentación por cinco días, en las primeras 48 h se conservó un estado anaerobio, posteriormente se aireó la masa cada 24 horas por 3 min, cada día se recolectó muestras y se congelaron para posteriormente realizar el proceso de secado y los análisis de laboratorio (...) Se realizó una caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y fitoquímica, análisis de azúcares por HPLC y composición volátil por micro extracción en fase sólida en modo de espacio de cabeza (HS-SPME) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GCMS). Los análisis mostraron que el factor especie, como los tratamientos de fermentación y tostado tienen un efecto significativo sobre el pH y acidez del cotiledón, compuestos

fenólicos, actividad antioxidante, azúcares y aminoácidos libres.

[Abril 2021, Colombia](#) [32].

Pulpa del cacao (*Theobroma cacao* L.) como sustrato en la elaboración de bebidas funcionales potencialmente probióticas.

Este estudio tuvo como objetivo realizar la caracterización fisicoquímica de la pulpa de cacao y evaluar su potencial para la producción de bebidas probióticas (...) Inicialmente, la caracterización de la pulpa se llevó a cabo mediante el análisis del pH, la acidez titulable (ATT), el contenido de sólidos solubles (SST), los azúcares reductores (AR) y los azúcares reductores totales (ART) (...) Tras la revisión bibliográfica y el análisis de los datos obtenidos, se pudo comprobar que la pulpa de cacao tiene un enorme potencial para ser aplicada en procesos destinados a la obtención de bebidas potencialmente probióticas. El contenido de sólidos solubles y la concentración de azúcares son los que mayor impacto tienen en el proceso de obtención de esta bebida, considerando que son los componentes más consumidos durante el proceso.

[Julio 2021, Brasil](#) [33].

Uso de la cáscara de cacao como fuente primaria para la obtención de materiales aplicado a la ingeniería mediante el estudio de las propiedades mecánicas.

El objetivo de este trabajo fue analizar los sub-productos de cacao generados durante los procesos de producción como sustituto de materiales empleados en la ingeniería (...) La metodología se basó en la fabricación de 9 probetas para cada uno de los ensayos para un total de 36. Se realizaron grupos de tres probetas con porcentajes volumétricos del 50 %, 70% y 90 % de cáscara de cacao triturado (...) Los resultados obtenidos, se presentan en el diagrama esfuerzo versus deformación, donde se logra deducir con qué tipo de material se está tratando y que propiedades presenta (...) En conclusión, debido a los esfuerzos obtenidos y en comparación con otros materiales aplicados al campo de la ingeniería, el material compuesto con cáscara de cacao es similar a la madera en lo que respecta a sus propiedades mecánicas.

[Octubre 2021, Colombia](#) [34].

Bibliografía

[1] B. Eskes, D. Ahnert, y D. Pujol, WO2021/123181A1, Mejora de la calidad del grano de cacao mediante una tecnología de fermentación mejorada, 2021.

[2] R. Wirth y V. De Bortoli, WO2021/037752A1, Cámara de fermentación y método para fermentar el fruto del cacao, 2021.

[3] J. Samuel, C. Evangeline, y R. Lakhnopal, WO2021/048869A1, Un novedoso proceso de doble fermentación para un chocolate con sabor a fruta y propiedades antioxidantes, 2021.

[4] A. Garcia, WO2021/170197A1, Fermentador giratorio de cacao automatizado, 2021.

[5] M. Izumi y A. Fujita, JP2021078372A, Cacao en polvo para salsa que contiene leche fermentada, y producto lácteo fermentado, 2021.

[6] X. Ma, X. Liu, y L. Xu, CN112471308A, Chocolate como sustituto de la manteca de cacao, resistente a la congelación y proceso de preparación del mismo, 2021.

[7] A. Castro, D. Glazier, E. Ben-Yoseph, C. Hsu, S. Kelley, E. Unlu, N. Willcocks y T. WO2021/026089 A3, Pulpa de cacao secada con pulverización, 2021.

- [8] K. Janghwan, KR20210142478A, Producto de fermentación de nibs de cacao y levadura seca de cerveza y método de fabricación del mismo, 2021.
- [9] B. Argo, S. Carlson, R. Kachur, A. Meyer, C. Rueb, R. Bowman, M. Lent, W. Hendrickson y J. Foth, WO2021/061586A1, Probiótico microencapsulado y composiciones que lo contienen, 2021.
- [10] M. Aries y S. Poigny, EP3787754A1, Extracto de cáscara de granos de *Theobroma cacao* para controlar la rosácea y el enrojecimiento cutáneo, 2021.
- [11] B. Lepilleur, M. Vanrusselt y D. Dalemans, US2021/0283043A1, Composición de la manteca de cacao y proceso para obtenerla, 2021.
- [12] V. Nguyen, T. Pham, L. Vu, V. H. Nguyen y N. Tran. Microwave-assisted Extraction for Maximizing the Yield of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity from Cacao Pod Husk (*Theobroma cacao* L.). *Current Nutrition & Food Science*, 17(2):225-237, 2021.
- [13] N. de Rezende Mudenuti, A. de Camargo, S. de Alencar, R. Danielski, F. Shahidi, T. Madeira y M. Grossmann. Phenolics and Alkaloids of Raw Cocoa Nibs and Husk: The Role of Soluble and Insoluble-Bound Antioxidants. *Food Bioscience*, 42:101085, 2021.
- [14] D. Velásquez, A. Gschaedler, M. Kirchmayr, C. Avendaño, J. Rodríguez, S. Calva, y E. Lugo, 2021. Cocoa Bean Turning As a Method for Redirecting the Aroma Compound Profile in Artisanal Cocoa Fermentation. *Heliyon*, 7(8):e07694, 2021.
- [15] S. Heredia, D. Costa, I. Choez, A. Barragan, M. Quijano, W. Cárdenas, P. Manzano, C. Reyes, D. Sosa del Castillo y J. Alvarez. Porous Sponges from the Mesocarp of *Theobroma cacao* L. Pod Shells for Potential Biomaterial Applications. *Bionatura*, 6(1):1529-1539, 2021.
- [16] M. Fernández, M. Rodríguez, F. Herrera, J. Anzola, M. Cepeda, J. Aguirre, M. Chica, H. Olarte, C. Rodríguez, D. Calderón, A. Ramírez, P. Del Portillo, S. Restrepo y A. González. Dissecting Industrial Fermentations of Fine Flavour Cocoa through Metagenomic Analysis. *Scientific Reports*, 11(1):1-14, 2021.
- [17] G. Chagas, N. Ferreira, E. Andrade, L. Nascimento, F. Siqueira, y A. Lopes. Profile of Volatile Compounds of On-Farm Fermented and Dried Cocoa Beans Inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* KY794742 and *Pichia kudriavzevii* KY794725. *Molecules*, 26(2):1-11, 2021.
- [18] A. Indrianingsih, M. Wulanjati, ; A. Windarsih, D. Bhattacharjya, T. Suzuki y T. Katayama. In Vitro

Studies of Antioxidant, Antidiabetic, and Antibacterial Activities of *Theobroma cacao*, *Annona muricata* and *Clitoria ternatea*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 33:101995, 2021.

[19] N. Fotsing, N. Bouazizi, D. Woumfo, N. Mofaddel, F. Le Derf y J. Vieillard. Investigation of Chromate and Nitrate Removal by Adsorption at the Surface of an Amine-Modified Cocoa Shell Adsorbent. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1):104618, 2021.

[20] K. Fibrianto, L. Azhar, S. Widyotomo y H. Harijono. Effect of Cocoa Bean Origin and Conching Time on the Physicochemical and Microstructural Properties of Indonesian Dark Chocolate. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24:e2019249, 2021.

[21] B. Urbańska, H. Kowalska, K. Szulc, M. Ziarno, I. Pochitskaya y J. Kowalska. Comparison of the Effects of Conching Parameters on the Contents of Three Dominant Flavan3-ols, Rheological Properties and Sensory Quality in Chocolate Milk Mass Based on Liquor from Unroasted Cocoa Beans. *Molecules*, 26(9):2502, 2021.

[22] L. Barbosa, S. Belviso, I. Ferrocino, O. Rojo y G. Zeppa. Characterization and Classification of Cocoa Bean Shells from Different Regions of Venezuela Using HPLC-

PDA-MS/MS and Spectrophotometric Techniques Coupled to Chemometric Analysis. *Foods*, 10(8):1791, 2021.

[23] O. Saavedra, D. Durán, J. Cabezas, I. Hernández, C. Blanco y M. Combariza. Cellulose Biosynthesis Using Simple Sugars Available in Residual Cacao Mucilage Exudate. *Carbohydrate Polymers*, 274:118645, 2021.

[24] M. Santander, F. Vaillant, D. Sinuco, J. Rodríguez y S. Escobar. Enhancement of Fine Flavour Cocoa Attributes Under a Controlled Postharvest Process. *Food Research International*, 143:110236, 2021.

[25] L. Hennessey, W. Murillo, J. Vasco e I. Paz. Enzymatic Extraction and Characterization of Pectin from Cocoa Pod Husks (*Theobroma cacao* L.) Using Celluclast 1.5 L. *Molecules*, 26(5):1473, 2021.

[26] E. Ackah y E. Dompey. Effects of Fermentation and Drying Durations on the Quality of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Beans during the Rainy Season in the Juaboso District of the Western-North Region, Ghana. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1):1-10, 2021.

[27] Y. Tee, K. Bariah, B. Hisyam, K. Samuel y N. Ong. Impacts of Cocoa Pod Maturity at Harvest and Bean Fermentation Period on the Production of Chocolate with Potential Health Benefits. *Journal of*

the Science of Food and Agriculture, 102(4):1576-1585, 2021.

[28] I. Moreira, J. Costa, L. Vilela, N. Lima, C. Santos, y R. Schwan. Influence of *S. Cerevisiae* and *P. Kluyveri* as Starters on Chocolate Flavour. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(10):4409-4419, 2021.

[29] H. Kuo, C. Chang y W. Cheng. Synbiotic Combination of Prebiotic, Cacao Pod Husk Pectin and Probiotic, *Lactobacillus plantarum*, improve the Immunocompetence and Growth of *Litopenaeus Vannamei*. Fish & shellfish immunology, 118:333-342, 2021.

[30] Z. Sarillana, E. Fundador y N. Fundador. Synthesis of ZnO Nanoparticles using *Theobroma cacao* L. Pod Husks, And Their Antibacterial Activities against Foodborne Pathogens. International Food Research Journal, 28(1):102-109, 2021.

[31] A. Tunjung, H. Firmanto y T. Wahyudi. Small-scale Fermentation of Cocoa Beans and on-Process Monitoring. Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal), 37(1):76-84, 2021

[32] M. Solarte. Caracterización de algunos compuestos de interés en los procesos de fermentación y tostado de dos especies de cacao

Amazónico. Universidad Nacional de Colombia, 2021.

[33] Borges, E. El cacao (*Theobroma cacao* L.) como sustrato en la elaboración de bebidas funcionales potencialmente probióticas. Universidade Federal da Paraíba, Brasil, 2021.

[34] J. Molano. Uso de la cáscara de cacao como fuente primaria para la obtención de materiales aplicado a la ingeniería mediante el estudio de las propiedades mecánicas. Universidad Nacional de Colombia, 2021.

Observaciones finales

El esfuerzo de este boletín ha consistido en presentar la vigilancia e inteligencia tecnológica, como herramienta de monitoreo, que permite dar a conocer los avances de vanguardia en la agroindustria del cacao, durante el año 2021. De tal manera que el lector pueda aprovechar y/o desarrollar proyectos en el área del cacao, al analizar las últimas invenciones e investigaciones aquí presentadas.

Nuestro deseo, es que esta segunda entrega del “Boletín de Alerta Tecnológica en Cacao” sea de utilidad y de interés para todo el público interesado en el área.

Los autores.



Autoridades

Consejo Directivo

Dra. Magaly Henríquez González
Presidenta

Dr. Marcos Rossa-Brussin
Universidad Central de Venezuela

Dr. Edgar Ocando
Instituto Venezolano de
Investigaciones Científicas

Dr. José Gregorio Biomorgi
Universidad Central de Venezuela

Dra. Nadia Sánchez Rachaus
Petroquímica de Venezuela

**MSc. César Alejandro
Basanta**
Instituto de Tecnología Venezolana
para el Petróleo

**Lcda. Geraldina Palm de
Pulido**
Asociación Venezolana de la
Industria Química y Petroquímica

Lcda. Doris Rodríguez
Adjunta a la Presidenta

MSc. Adriana Córdoba
Directora Ejecutiva (E)

Ing. Jiraleiska Hernández
Directora Técnica (E)

MSc. Héctor Rodríguez Molina
Gerente de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

Lcda. Dayana Arreaza
Gerente de Articulación y Alianza Interinstitucional

Lcda. Claudia Perera
Gerente de Administración y Apoyo Técnico

Lcda. Yenny Sánchez
Gerente de Planificación, Presupuesto, Seguimiento y Control (E)

Abg. Dilia Romero
Consultora Jurídica (E)

Boletín de Alerta Tecnológica es una publicación digital de la fundación Centro Nacional de Tecnología Química, entidad adscrita al Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología.

Dirección Postal: Calle Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda, Edificio Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, Piso PB, Ofic. Centro Nacional de Tecnología Química, Sector La Carlota, Chacao, Caracas, Miranda, 1064, Venezuela.

Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ) Caracas, Venezuela

Misión

Promover el desarrollo tecnológico de la industria de procesos, mediante el fomento y generación de conocimientos, bienes y servicios tecnológicos en la industria química y petroquímica venezolana, en forma directa o a través de proyectos conjuntos con universidades, centros de investigación y empresas públicas o privadas para contribuir con el desarrollo sustentable y la soberanía tecnológica del país.

Ser referencia nacional e internacional en la utilización de capacidades de investigación, desarrollo e innovación en las industrias de procesos químicos y petroquímicos de Venezuela, incentivando el desarrollo y uso de tecnologías que hagan uso más eficiente de los recursos y aminoren el impacto sobre el ambiente y de esta manera aportar mayor autonomía tecnológica y promover el desarrollo sustentable del país.

Visión