

Artículo de revisión

La producción científica sobre el cacao peruano durante durante los últimos 42 años

Scientific production on Peruvian cocoa over the last 42 years

Daniel Tineo^{1,2*} , Danilo E. Bustamante^{2,3} , Martha S. Calderon^{2,3} 

¹Centro Experimental Yanayacu, Dirección de Supervisión y Monitoreo en las Estaciones Experimentales Agrarias, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Carretera Jaén San Ignacio KM 23.7, Jaén 06801, Cajamarca, Perú.

²Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Amazonas, Perú.

³Instituto de Investigación en Ingeniería Ambiental (INAM), Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental (FICIAM), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Amazonas, Perú.

*Autor de correspondencia:
Daniel Tineo, email:
dt.infolab@gmail.com

Historial del artículo

Recibido: 17 de junio del 2023
Aceptado: 29 de junio del 2023
Publicado: 30 de junio del 2023

RESUMEN

El cacao se encuentra entre los diez productos agrícolas más importantes a nivel mundial. Este estudio implicó una revisión bibliográfica que abarcó los últimos 42 años. El objetivo fue identificar los campos de estudio donde la investigación sobre el cacao peruano ha sido más frecuente y examinar la tasa de crecimiento de las investigaciones referidas al cacao. Los resultados muestran que, a nivel nacional, la mayoría de las investigaciones se centran en el campo Bioquímico, específicamente estudios en los derivados como el chocolate y otros compuestos, incluidos antioxidantes, polifenoles, compuestos volátiles y estudios fenotípicos. Además, existen estudios en manejo agronómico. Sin embargo, existe una notable falta de estudios centrados en la mejora genética. Aunque la investigación científica sobre el cacao sigue siendo limitada, la tasa de crecimiento ha sido de 11.44%, siendo los últimos 5 años en la que se han publicado la mayor parte de los estudios relacionados al cacao. Por lo tanto, se recomienda que las investigaciones futuras deben estar centradas en diversas áreas posibles como estudios en metagenómica de rizófora del cacao, sistemas agroforestales, secuestro de carbono, mejoramiento genético, los nutrientes y su relación con la planta, entre otros que contribuyan a la mejora de la producción y que puedan soportar patrones climáticos cambiantes.

Palabras clave: Perú, producción científica, tasa de crecimiento, *Theobroma cacao*.

ABSTRACT

Cocoa ranks among the top ten most crucial agricultural products globally. Our study conducted a comprehensive literature review spanning 42 years, incorporating all studies linked to the Peruvian cocoa, with a purpose of identifying the areas of research with highest prevalence and evaluating the growth rate. At the national level, the majority of research focused on the Biochemical field related to derivatives like chocolate and other compounds, encompassing antioxidants, polyphenols, volatile compounds, and phenotypic studies. Moreover, there are also studies on agronomic management. Nevertheless, there is an evident shortage of studies that are geared towards genetic improvement. Although scientific research on cocoa is still limited, the growth rate over the past few years has been 11.44%, with the majority of cocoa-related studies published in the last five years. Therefore, future research should focus on potential areas such as conducting metagenomics studies of cocoa Rhizosphere, exploring agroforestry systems, investigating carbon sequestration, enhancing genetic improvement, analyzing nutrients and their interaction with the plant, and other potential areas that could enhance production and endure fluctuations in climate patterns.

Keywords: scientific production, growth rate, Peru, *Theobroma cacao*.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han demostrado que la aplicación del conocimiento científico y tecnológico en la creación de nuevos productos o procesos tiene un impacto considerable tanto en la economía como en la sociedad (Mormina, 2019; Jessen et al., 2022). Estas investigaciones se manifiestan a través de procesos de transferencia de tecnología que generan externalidades positivas y otro tipo de efectos indirectos (Jessen et al., 2022). En este caso, los mecanismos de transferencia intencional materializan el flujo de conocimiento tecnológico (Nielsen, 2021; Jessen et al., 2022). Asimismo, la ciencia objetiva apoya el desarrollo de políticas y la toma de decisiones, validando el conocimiento científico (Song, 2008; More, 2009). Sin embargo, puede ocurrir una transferencia unilateral de conocimiento científico (Silva et al., 2022). Además, la ciencia sirve como base para promover la innovación, el éxito y la prosperidad de la sociedad, al tiempo que se adhieren a prácticas socialmente aceptables y sostenibles (Simon et al., 2019; Jessen et al., 2022). La investigación es una preocupación fundamental para los gobiernos que invierten en esta área, así como para la sociedad en general, cuyas expectativas económicas crecen (Jessen et al., 2022). En los últimos años, los avances tecnológicos han facilitado la evaluación de la sostenibilidad de los cultivos amenazados por el acelerado cambio climático. Uno de esos cultivos amenazados es el cacao (*Theobroma cacao*), un producto agrícola de importancia mundial para el sector de la confitería. La inacción gubernamental para evaluar la viabilidad a largo plazo de este cultivo ha resultado en su abandono (Lahive et al., 2019). El cacao es una especie del género *Theobroma* L. y pertenece a la familia Malvaceae (Bayer et al., 1999), siendo la especie *T. cacao* L. la especie más conocida y, económicamente la más importante a nivel mundial (Gopaulchan et al., 2019). Su origen se reporta en la cuenca amazónica sudamericana (Bartley, 2005), mientras que la domesticación del cacao se llevó a cabo a partir de ancestros salvajes en América Central (Motamayor et al., 2002). Actualmente, el cacao se ubica entre los diez productos agrícolas más importantes de todo el mundo (Utro et al., 2012) y se cultiva en más de 50 países de regiones tropicales de América Central y del Sur, Asia y África (Da Silva et al., 2016; Wickramasuriya y Dunwell, 2018), ya que sus semillas son fuente del chocolate, grasas, carbohidratos, minerales naturales, proteínas, vitaminas y flavonoides (Boza et al., 2014; World Cocoa Foundation, 2014).

Tradicionalmente, se han designado tres variedades de cacao basados en morfología: Forastero, Criollo y Trinitario, cuya distribución se extiende desde Bolivia hasta México (Toxopeus, 1985; Cheesman, 1944; Motamayor et al., 2002, 2010, 2008). Sin embargo, la diversidad de cacao aún no está explorada en su totalidad; ya que varios estudios basados en datos morfológicos, bioquímicos y moleculares (SNP) han demostrado que hay una amplia gama de genotipos de cacao tanto en la región Amazonas como en otras regiones del Perú (Castro-Alayo et al., 2019; Ordoñez et al., 2020; Oliva-Cruz y Maicelo, 2020; Bustamante et al., 2022). Por lo tanto, existe un escaso número de investigaciones relacionados al cacao peruano, o cómo estas investigaciones han repercutido en el desarrollo y toma de decisiones de los productores y los gobiernos locales y regionales (Mithöfer et al., 2017).

Se realizó una revisión de la literatura sobre investigaciones relacionadas con el cacao peruano (*T. cacao*) para constatar la tasa de crecimiento y las áreas en la que más investigaciones se han desarrollado respecto al cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las publicaciones académicas se recopilaron de las bases de datos SciELO, Scopus y Web of Science, que respaldan varios dominios científicos y pueden usarse para estudiar la relevancia científica (Li et al., 2018). Con base en este criterio solo se seleccionaron trabajos que pasaron por un proceso formal y riguroso de revisión por pares. La recopilación incluye todas las publicaciones científicas sobre el cacao peruano elaboradas desde 1980 hasta mayo de 2023. La búsqueda implicó el uso de palabras clave como "Theobroma", "cacao" y "sustainability" en inglés, alemán, italiano, portugués, y español, excluyendo los artículos de revisión. Los datos recopilados se agruparon según áreas de estudio que incluyen bioquímica, genética, manejo agronómico, fitopatología, entomología y genómica. Para analizar el crecimiento de las investigaciones relacionadas con el cacao peruano se utilizaron matrices de cruce y gráficos. Finalmente, se crearon diagramas de red utilizando el enfoque de "recuento completo" del software VOSviewer v.1.6.17 (Van Eck & Waltman, 2010) para investigar la coexistencia de términos en los títulos de los artículos.

RESULTADOS

Se identificaron un total de 174 artículos sobre el cacao peruano mediante la realización de un análisis bibliométrico de las bases de datos SciELO, Scopus y Web of Science. La mayoría de las investigaciones (30,46% = 53) se realizaron en el campo de la bioquímica, abarcando estudios relacionados con compuestos bioactivos, metales pesados y análisis físico-químicos de los derivados del cacao, incluido el chocolate. En cambio, el 28.74% (50 estudios) se centró en el área de "manejo agronómico", especifi-

camente en el manejo de sistemas de siembra, podas, fertilización y métodos de manejo. Treinta y siete estudios (21.26%), estaban relacionados con la "genética", abarcando la diversidad genética del cacao, el germoplasma y la citogenética. En materia de fitosanidad se han realizado 23 estudios (13,22%), mientras que en entomología solo el 3,45% de los estudios se han centrado en las principales plagas del cacao, entre ellas la chinche del cacao (*Monalonion dissimulatum*), pulgones (*Toxoptera aurantii*) y medidas de control biológico. Finalmente, los estudios del genoma en cacao solo representaron el 2,87% (Figura 1).

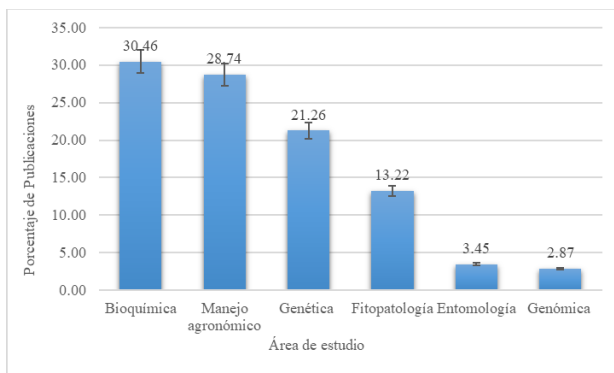


Figura 1. Porcentaje de artículos públicos en relación al cacao peruano, según área de estudio.

Las primeras publicaciones sobre el cacao en el Perú se originaron en 1981. La tasa de crecimiento anual promedio desde entonces hasta 2023 fue del 11,44%. Sin embargo, este crecimiento no ha aumentado de manera consistente. Significativa-

mente, el crecimiento ha sido mayor desde 2019, con 20, 21 y 31 estudios publicados en años secuenciales de 2020, 2021 y 2022, respectivamente (Figura 2).

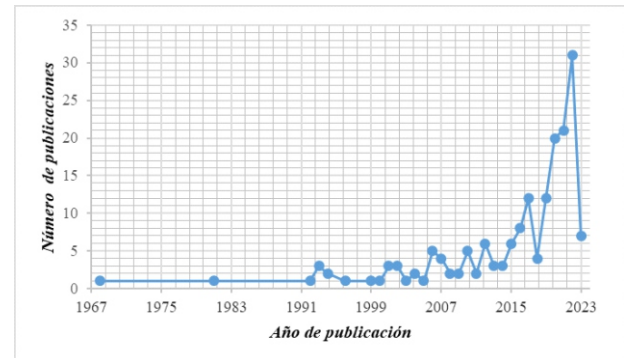


Figura 2. Número de publicaciones sobre cacao en el Perú desde 1981 a mayo de 2023.

De las 174 publicaciones, el 87,93% fueron publicadas en inglés y apenas el 12,06% en español. Las afiliaciones del primer autor y del autor correspondiente indican que Perú encabezó 65 publicaciones, y la mayoría de los 109 restantes fueron dirigidas por investigadores de Estados Unidos, quienes realizaron 40 estudios de investigación. Francia, Brasil y Trinidad y Tobago le siguieron con 21, 16 y 14 trabajos publicados, respectivamente (Figura 3). De 1981 a 2015, la mayoría de las investigaciones estuvieron encabezadas por instituciones globales. No obstante, durante los últimos siete años, Perú ha colaborado con Alemania, Bolivia, Ecuador y Colombia para liderar la investigación (Figura 3).

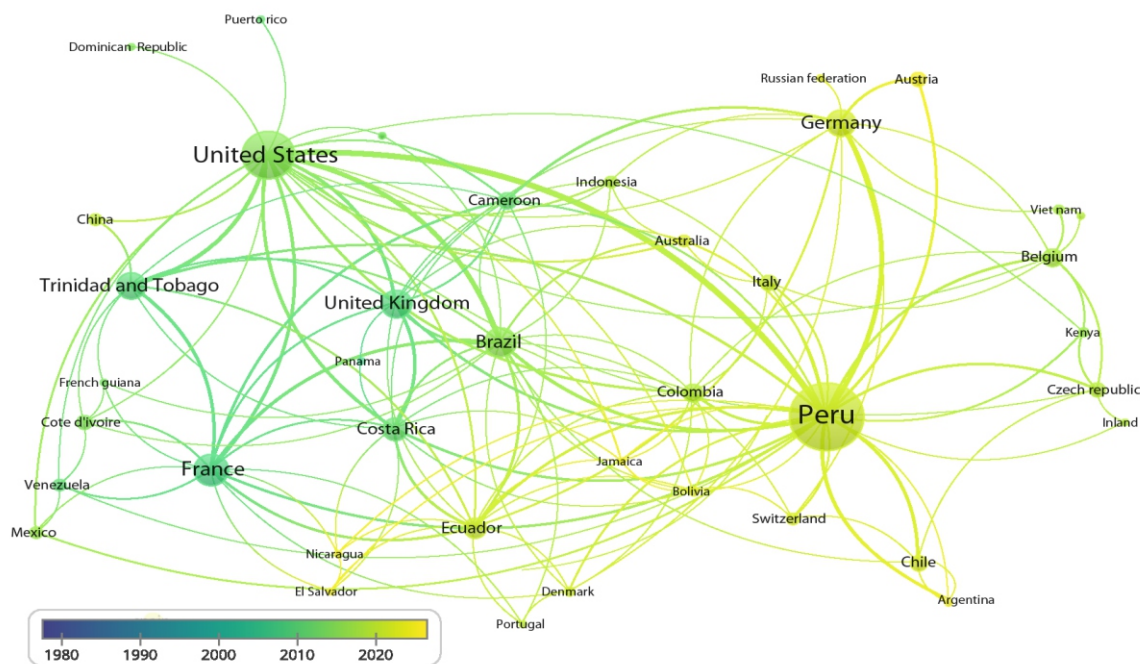


Figura 3. Mapa de países que han realizado investigaciones relacionadas al cacao peruano.

A lo largo de los últimos 42 años, 22 instituciones peruanas han realizado investigaciones sobre el cacao peruano, entre las que destacan la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM), la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) y el Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) con 27, 13 y 10 publicaciones respectivamente. Además, 39 instituciones extranjeras se han asociado con entidades peruanas, incluido el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y la colaboración más notable resultó en 30 publicaciones (Figura 4). A partir del mapa de conexiones, la UNTRM ha establecido un mayor número de colaboraciones con la UNAS y la organización de investigación para el desarrollo global (Bioversity International)



Figura 4. Mapa de instituciones nacionales e internacionales con mayor número de investigaciones relacionadas al cacao.

Por otro lado, se identificaron 905 palabras en los títulos de las publicaciones revisadas, de las cuales 206 aparecieron más de dos veces. Se analizó el término "*Theobroma cacao*" pero se excluyó de la interpretación debido a su centralidad para el estudio. Las palabras más frecuentes en las publicaciones fueron "genética", "agroforestería", "chocolate" y "diversidad genética", apareciendo 18, 13, 13 y 13 veces respectivamente (Figura 5). Se observaron menos ocurrencias para "cadmio", "*Phytophthora palmivora*" y "química" con 10, 9 y 8 casos, respectivamente. "Antioxidantes" y "polifenoles" se encontraron con 6 apariciones, mientras que "genoma de cacao" y "ADN vegetal" tuvieron sólo 3 apariciones (Figura 5). Esto indica un número pequeño de publicaciones, aproximadamente 10. Entre 2010 y 2020, la mayoría de los estudios se centraron en la genética, las enfermedades del cacao, la presencia de cadmio y la agrosilvicultura, según el mapa de la red de co-ocurrencia. Sin embargo, en los últimos tres años la mayor parte de las investigaciones sobre el cacao peruano se han volcado hacia el estudio de su principal derivado, el chocolate, y de sus componentes químicos como los polifenoles y los antioxidantes. Además, se han llevado a cabo experimentos con estos compuestos químicos en animales (Figura

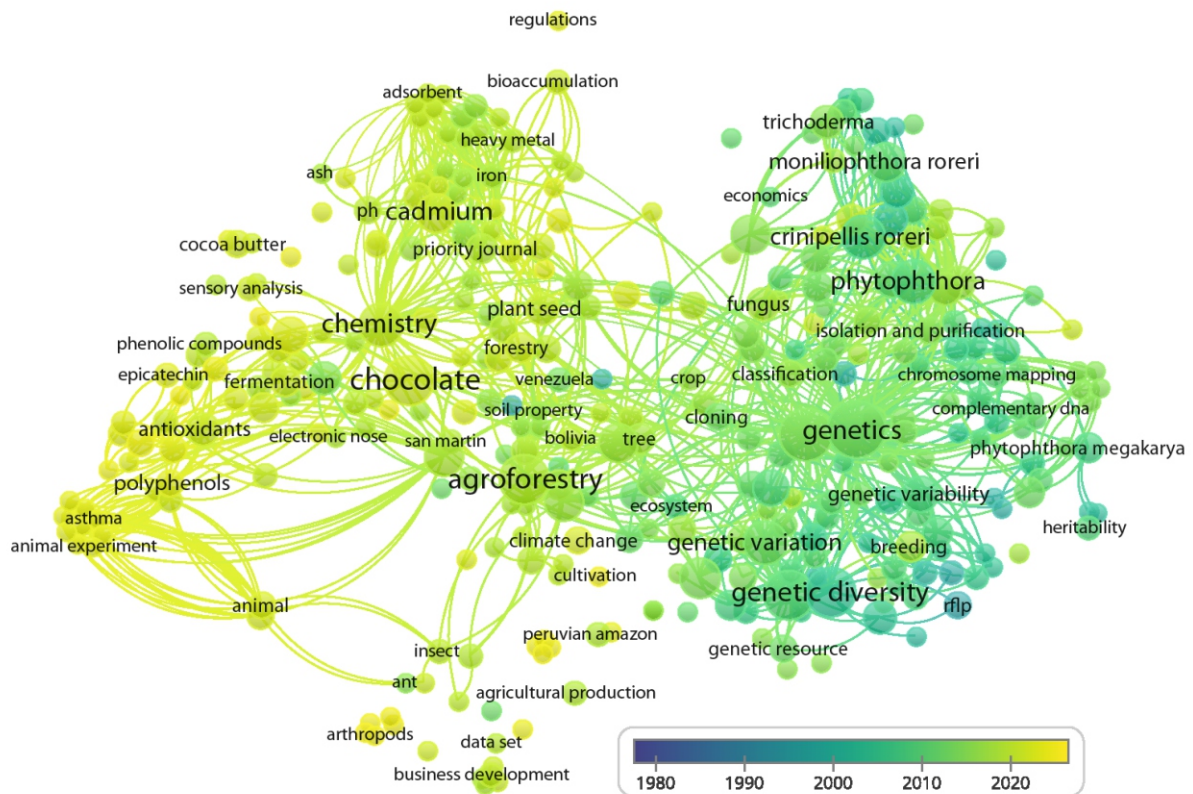


Figura 5. Mapa de red de co-ocurrencia derivada de las palabras en los títulos de publicaciones asociadas al cacao del Perú. El tamaño del nodo representa la cantidad de co-ocurrencias. A menor distancia entre los nodos, mayor será el número de co-ocurrencias.

DISCUSIÓN

Todos los trabajos utilizados en el análisis han sido publicados en revistas científicas de carácter nacional e internacional. Hoy en día, estas investigaciones están siendo enmarcadas al desarrollo sostenible (Wuelser & Pohl, 2016). Por ejemplo, la mayor producción científica en la región Amazonas está enfocada en el estudio de la biodiversidad y el ecoturismo (Silva et al., 2022). En los últimos 42 años, la investigación relacionada al cacao peruano ha crecido a un ritmo de 11.44 % anual, siendo el periodo 2020-2022 el más productivo por el mayor número de investigaciones en cacao realizadas en el Perú. La mayoría de las investigaciones peruanas realizadas en cacao están relacionados a sus derivados, tales como el chocolate, antioxidantes, polifenoles, compuestos volátiles (Castro-Alayo et al., 2019; Ordoñez et al., 2020), y a estudios fenotípicos (Oliva-Cruz y Maicelo, 2020; Oliva-Cruz et al., 2021a y Oliva-Cruz et al., 2021b). Por otro lado, hay una menor cantidad de estudios en otras áreas importantes como, la genética, genómica, interacción de planta-microorganismo y plagas que afectan al cultivo de cacao (fitopatología y entomología).

Respecto al área de Genómica, sólo hay 10 investigaciones que fueron desarrolladas por instituciones extranjeras usando material genético de las regiones de San Martín, Loreto y Ucayali (Micheli et al., 2010; Argout et al., 2011; Allegre et al., 2012; Romero Navarro et al., 2017). Estas investigaciones han permitido entender el efecto de patógenos (*Moniliophthora perniciosa*, *Phytophthora* spp.) en los tejidos de cacao (Micheli et al., 2010) o conocer la expresión de genes bajo condiciones de estrés o los relacionados con el sabor y calidad del chocolate (Micheli et al., 2010; Kane et al., 2012). Adicionalmente, otras herramientas como el cultivo *in vitro*, la transformación de plantas y la bioinformática han permitido estudiar la genómica funcional o genes relacionados a la absorción de cadmio (Micheli et al., 2010; Correa et al., 2021). Esto ha permitido a los productores tomar mejores decisiones sobre nuevos métodos de manejo (podas, control fitosanitario, elección de porta-injertos, etc.) y la conservación de la diversidad genética del cacao peruano para incrementar su producción. Del mismo modo, influye en las cadenas productivas del cacao y contribuyen directamente a la mejora de las ganancias de los productores, los intermediarios, y la conservación del germoplasma. La adición de investigaciones que incorporen el uso de herramientas moleculares o el enfoque genómico, tales como marcadores moleculares y genómica, permitirán mejorar el cacao con características agronómicas demandadas por los agricultores (Micheli et al., 2010; Kane et al., 2012) o variedades que puedan tolerar diferentes tipos de estrés y garantizar que la agricultura pueda seguir ese mismo ritmo de cambios

ambientales (Wickramasuriya & Dunwell, 2018; Mousavi-Derazmahalleh et al., 2019). Este tipo de estudio permitirá generar uniformidad genética en variedades de cacao, como la diversidad del Cacao Fino de Aroma de la región Amazonas, incluyendo otras regiones del país donde la diversidad genética del cacao aún está poco explorada a detalle.

Por lo tanto, es necesario implementar mejores regímenes de gestión agrícola y programas financieros de largo plazo (Díaz-Valderrama et al., 2020). Además, es crucial fomentar la investigación multidisciplinaria entre diferentes instituciones estatales, el sector privado y la academia para enriquecer la información del cacao peruano (Millones-Gómez et al., 2021).

CONCLUSIONES

A nivel nacional, la mayoría de las investigaciones sobre el cacao peruano se centran en la bioquímica, particularmente en relación al chocolate, antioxidantes, polifenoles, compuestos volátiles y estudios fenotípicos, y se observó una tasa de crecimiento del 11.54%, siendo los años 2020-2022, el periodo con la mayor producción científica sobre cacao. Además, esta producción científica, en su mayoría han sido estudios desarrollados por instituciones e investigadores peruanos, como la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Biodiversity International, la Universidad Nacional Agraria de la Selva y el Instituto de Cultivos Tropicales. Por lo tanto, las futuras investigaciones deberían centrarse en realizar más estudios en el cacao peruano, explorando métodos alternativos para el mejoramiento genético y obtención de nuevas variedades de cacao que posean rasgos agronómicos deseables y puedan tolerar el cambio climático. Esto garantizará la promoción de la agricultura sostenible del cacao peruano.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

DT: Investigación, Conceptualización, Metodología, Software, Borrador original. DEB: Investigación, Análisis formal, Visualización, revisión y edición. MSC: Investigación, revisión y edición, Supervisión, Administración de Proyecto.

CONFLICTO DE INTERÉS

MSC se desempeña como Editora Jefe de la Revista UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería y se abstuvo de participar en el proceso de revisión de este manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allegre, M., Argout, X., Boccara, M., Fouet, O., Roguet, Y., Bérard, A., Thévenin, JM., Chauveau, A., Rivallan, R., Clement, D., Courtois, B., Gramacho, K., Boland-Augé, A., Tahi, M., Umaharan, P., Brunel, D., & Lanaud, C. (2012).

- Discovery and mapping of a new expressed sequence tag-single nucleotide polymorphism and simple sequence repeat panel for large-scale genetic studies and breeding of *Theobroma cacao* L. *DNA research*, 19(1), 23-35.
- Argout, X., Salse, J., Aury, J. M., Guiltinan, M. J., Droc, G., Gouzy, J., Allegre, M., Chaparro C., Legavre, T., Maximova, S. N., Abrouk, M., Murat, F., Fouet, O., Poulain, J., Ruiz, M., Roguet, Y., Rodier-Goud, R., Barbosa-Neto, J. F., Sabot, F., Kudrna D., ... Lanaud, C. (2011). The genome of *Theobroma cacao*. *Nature genetics*, 43(2), 101-108.
- Argout, X., Martin, G., Droc, G., Fouet, O., Labadie, K., Rivals, E., Aury, J. M., & Lanaud, C. (2017). The cacao Criollo genome v2. 0: an improved version of the genome for genetic and functional genomic studies. *BMC genomics*, 18(1), 1-9.
- Bayer, C, Fay M. F., Buijn. A. Y., Savolainen, V., Morton, C. M., Kubitzki, K., Alverson, W. S., & Chase, M. W. (1999). Support for an expanded family concept of Malvaceae within a recircumscribed order Malvales: a combined analysis of plastid *atpB* and *rbcl* DNA sequences. *Botanic Journal of the Linnean Society*. 129: 267–303.
- Bartley, B. G. (2005). The genetic diversity of cacao and its utilization. CABI, Wallingford.
- Boza, E. J., Motamayor, J. C., Amores, F. M., Cedeno-Amador, S., Tondo, C. L., Livingstone, D. S., Raymond J. Schnell, R. J., & Gutiérrez, O. A. (2014). Genetic characterization of the cacao cultivar CCN 51: its impact and significance on global cacao improvement and production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 139(2), 219-229.
- Bustamante, D. E., Motilal, L. A., Calderon, M. S., Mahabir, A., & Oliva, M. (2022). Genetic diversity and population structure of fine aroma cacao (*Theobroma cacao* L.) from north Peru revealed by single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 680.
- Castro-Alayo, E. M., Idrogo-Vásquez, G., Siche, R., & Cardenas-Toro, F. P. (2019). Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa. *Heliyon*, 5(1), e01157.
- Correa, J. E., Ramírez, R., Ruíz, O., & Leiva, E. I. (2021). Effect of soil characteristics on cadmium absorption and plant growth of *Theobroma cacao* L. seedlings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(13), 5437-5445.
- Consejo Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) (2016). I Censo Nacional de Investigación y Desarrollo a Centros de Investigación 2016. Lima: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. 5-27.
- Consejo Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) (2021). Investigadores en el Registro Nacional de Ciencia, Tecnología y de Innovación Tecnológica. Consejo Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación Tecnológica. <https://ctvita.e.concytec.gob.pe/renacyt-ui/#/registro/investigadores>
- Cheesman, E. E. (1944). Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cocoa populations. *Tropical Agriculture*, 2:144-159.
- Da Silva, M. R., Clément, D., Gramacho, K. P., Monteiro, W. R., Argout, X., Lanaud, C., & Lopes, U. (2016). Genome-wide association mapping of sexual incompatibility genes in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Tree Genetics and Genomes*, 12(3), 62.
- Díaz-Valderrama, J. R., Leiva-Espinoza, S. T., & Aime, M. C. (2020). The history of cacao and its diseases in the Americas. *Phytopathology*, 110(10), 1604-1619.
- Gopaulchan, D., Motilal, L. A., Bekele, F. L., Clause, S., Ariko, J. O., Ejang, H. P., & Umaharan, P. (2019). Morphological and genetic diversity of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Uganda. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(2), 361-375.
- Jessen, T. D., Ban, N. C., Claxton, N. X., & Darimont, C. T. (2022). Contributions of Indigenous Knowledge to ecological and evolutionary understanding. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 20(2), 93-101.
- Silva, J., Rojas-Briceño, N. B., Tineo, D., Morales, E., Sopla, J., Perez, J., Rodríguez, Nelson., Fernández, Samia., Bautista, Roicer., Mas, Malena., Campos, Gabriela., Gosgot Wildor., Juarez, Lily., Culqui, Lorenzo., Bautista, Miguel., Castañeda, Nina., Lopez, Mariños., Calderon M. S., & Bustamante, D. E. (2022). Contributions of scientific research to regional development in the Amazonas region, northern Peru. *Development Studies Research*, 9(1), 129-141.
- Kane, N., Sveinsson, S., Dempewolf, H., Yang, J. Y., Zhang, D., Engels, J. M., & Cronk, Q. (2012). Ultra-barcoding in cacao (*Theobroma* spp.; Malvaceae) using whole chloroplast genomes and nuclear ribosomal DNA. *American Journal of Botany*, 99(2), 320-329.
- Lahive, F., Hadley, P., & Daymond, A. J. (2019). The physiological responses of cacao to the environment and the implications for climate change resilience. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 1-22.
- Micheli, F., Guiltinan, M., Gramacho, K. P., Wilkinson, M. J., De Oliveira Figueira, A. V., de Mattos Cascardo, J. C., Maximova S., & Lanaud, C. (2010). Functional genomics of cacao. *Advances in Botanical Research*, 55,

119-177.

- Millones-Gómez, P. A., Yangali-Vicente, J. S., Arispe-Alburqueque, C. M., Rivera-Lozada, O., Calla-Vásquez, K. M., Calla-Poma, R. D., Requena-Mendizábal, M. F., & Minchón-Medina, C. A. (2021). Research policies and scientific production: A study of 94 Peruvian universities. *PloS one*, 16(5), e0252410.
- Mormina, M. (2019). Science, technology and innovation as social goods for development: Rethinking research capacity building from Sen's capabilities approach. *Science and Engineering Ethics*, 25(3), 671-692.
- More, S. J. (2019). Perspectives from the science-policy interface in animal health and welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 382.
- Motamayor J. C., Lachenaud P., Da Silva e Mota J. W., Loor, R. G., Martinez, W. J., Graham, J., Kuhn, D. N., Brown, S., & Schnell, R. J. (2010). No más forastero: a new protocol for meaningful cacao germplasm classification. In: *Proceedings of the 16th international cocoa research conference, 2010*. COPAL, Nigeria, pp 179–185.
- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Lopez, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380-386.
- Mousavi-Derazmahalleh, M., Bayer, P. E., Hane, J. K., Valliyodan, B., Nguyen, H. T., Nelson, M. N., Erskine, W., Varshney R. K., Papa, R. & Edwards, D. (2019). Adapting legume crops to climate change using genomic approaches. *Plant, Cell & Environment*, 42(1), 6-19.
- Mithöfer, D., Roshetko, J. M., Donovan, J. A., Nathalie, E., Robiglio, V., Wau, D., Sonwa, D. J., & Blare, T. (2017). Unpacking 'sustainable'cocoa: do sustainability standards, development projects and policies address producer concerns in Indonesia, Cameroon and Peru? *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 444-469.
- Nielsen, K. H. (2021). Book Review of Science and Public Policy. *Metascience* 30: 79–81.
- Toxopeus, H. (1985). Botany, types and populations. In: Wood GAR, Lass RA (eds) *Cocoa*, 4th ed. Longman, London, pp 11–37.
- Oliva, M., & Maicelo, J. L. Q. (2020). Identificación y selección de ecotipos de cacao nativo fino de aroma de la zona Nor oriental del Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 4(2), 31-39.
- Oliva-Cruz, M., Mori-Culqui, P. L., Caetano, A. C., Goñas, M., Vilca-Valqui, N. C., & Chavez, S. G. (2021a). Total fat content and fatty acid profile of fine-aroma cocoa from northeastern Peru. *Frontiers in Nutrition*, 397.
- Oliva-Cruz, M., Goñas, M., García, L. M., Rabanal-Oyarse, R., Alvarado-Chuqui, C., Escobedo-Ocampo, P., & Maicelo-Quintana, J. L. (2021b). Phenotypic Characterization of Fine-Aroma Cocoa from Northeastern Peru. *International Journal of Agronomy*, 2021.
- Ordoñez, E. S., Quispe, Y., & García, L. F. (2020). Cuantificación de fenoles, antocianinas y caracterización sensorial de nibs y licor de cinco variedades de cacao, en dos sistemas de fermentación. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 473-481.
- Simon, D., S. Kuhlmann, J. Stamm, and W. Canzleret. 2019. *Handbook on Science and Public Policy*, 1–584. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Song, J. (2008). Awakening: Evolution of China's science and technology policies. *Technology in Society*, 30(3-4), 235-241.
- Sun, G., Sun, M., Du, L., Zhang, Z., Wang, Z., Zhang, G., Nie S., Xu, H., & Wang, H. (2021). Ecological rice-cropping systems mitigate global warming—A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 789, 147900.
- Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) (2017). Resolución del Consejo Directivo N° 033-2017-SUNEDU/CD: Otorga la Licencia Institucional a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, para ofrecer el servicio educativo superior universitario.
- Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) (2018). Resolución del Consejo Directivo N° 095-2018-SUNEDU/CD.: Otorgan la Licencia Institucional a la Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, para ofrecer el servicio educativo superior universitario.
- Utro, F., Cornejo, O. E., Livingstone, D., Motamayor, J. C., & Parida L. (2012). ARG-based genome-wide analysis of cacao cultivars. *BMC Bioinformatics* 13(Suppl 19): S17.
- Wickramasuriya, A. M., & Dunwell, J. M. (2018). Cacao biotechnology: current status and future prospects. *Plant biotechnology journal*, 16(1), 4-17.
- World Cocoa Foundation (2014). *Cocoa market update*.
- Wuelser, G., & Pohl, C. (2016). How researchers frame scientific contributions to sustainable development: a typology based on grounded theory. *Sustainability science*, 11(5), 789-800.