

**Técnicas estadísticas aplicadas a la caracterización de
cacao con enfoque agromática**

Statistical Techniques Applied to Cocoa Characterization with an Agromatic Approach

Autores

Jéssica Ponce Ordóñez. <https://orcid.org/0000-0001-6140-1420>
Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
jponceo@uteq.edu.ec

Orlando Erazo Moreta. <https://orcid.org/0000-0001-5642-9920>
Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
oerazo@uteq.edu.ec

Ariosto Vicuña Pino. <https://orcid.org/0000-0002-1459-1759>
Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
avicuna@uteq.edu.ec

Fecha de recibido: 2020-10-28
Fecha de aceptado para publicación: 2021-05-24
Fecha de publicación: 2021-06-30



Resumen

Así como en otras áreas, la agricultura ha comenzado a recibir los beneficios de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), lo que ha llevado a la necesidad de referirse a la agromática. Además, en el área agrícola se utilizan varias técnicas estadísticas que conducen a formular interrogantes sobre la combinación de estas. Aunque se han realizado revisiones bibliográficas sobre agromática, poco se evidencia sobre la combinación estadística-TIC desde este punto de vista. Por ello, el objetivo de este trabajo fue identificar las diferentes técnicas estadísticas que se utilizan en estudios sobre cacao con una aproximación agromática. Para el efecto, se definió un protocolo de búsqueda con la finalidad de identificar diferentes técnicas estadísticas y software empleados. Se encontraron tanto técnicas univariantes como multivariantes, las cuales son ejecutadas usualmente con la ayuda de algún software estadístico de propósito general y en algunos



casos complementados con aplicaciones de propósitos más específicos. De acuerdo a los hallazgos, y en concordancia con trabajos relacionados, se evidencia la necesidad de continuar potenciando las bondades de las TIC en el área agrícola.

Palabras clave: Estadísticas agrícolas, software estadístico, caracterización de cacao, agromática, TIC

Abstract

As in other areas, agriculture has begun to receive the benefits of Information and Communication Technologies (ICT), which has led to the need of referring to agromatics. In addition, in the agricultural area several statistical techniques are used that lead to question about the combination of these ones. Although bibliographic reviews have been carried out on agromatics, little evidence is available on the statistical-ICT combination from this point of view. Therefore, the objective of this work was to identify the different statistical techniques used in studies on cocoa with an agromatic approach. For this purpose, a search protocol was defined with the aim of identifying different statistical techniques and software employed. Both univariate and multivariate techniques were found, which are usually executed with the help of some general-purpose statistical software, and in some cases, they are complemented with more specific-purpose applications. According to the findings, and in accordance with related works, the need to continue promoting the benefits of ICT in the agricultural area is evident.

Keywords: Agricultural statistics, statistical software, cocoa characterization, agromatics, ICT

Introducción

Como es de conocimiento general, Ecuador es un país inminentemente agrícola. De hecho, uno de los productos que lo ha llevado a posicionarse como tal a nivel mundial es el cacao. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, éste es el primer país exportador de cacao en grano en América y el cuarto a nivel mundial (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017). Este posicionamiento cobra más relevancia porque el cacao se cultiva en más de cincuenta países ubicados en cuatro continentes, llegando la



actividad cacaotera a generar alrededor de 1.500.000 empleos directos en varias etapas (Arvelo *et al.*, 2017). Por ello, durante muchos años, el cacao ha sido objeto de estudio por investigadores nacionales e internacionales.

Indudablemente, las diferentes investigaciones necesitan de técnicas estadísticas para analizar los datos generados. De hecho, la estadística juega un papel importante en el ámbito productivo, en investigaciones agronómicas y en la planificación agrícola. En esta última área, su importancia radica en el análisis e interpretación de datos numéricos obtenidos durante la experimentación y muy probablemente de diferentes fuentes (Glaz y Yeater, 2020). También, se suelen realizar registros de los procesos de caracterización, teniendo en cuenta aspectos físicos, químicos y sensoriales (Quevedo *et al.*, 2018). Estos aspectos pueden además variar de una cosecha a otra llevando a la necesidad de realizar análisis de datos históricos con las comparaciones que esto implica, particularmente con la finalidad de alcanzar su mejoramiento.

Desde luego, los análisis estadísticos correspondientes se llevan a cabo usualmente empleando algún software. En primer lugar, se puede recurrir a herramientas estadísticas de propósito general como SPSS, R Statistics, SAS o incluso Microsoft Excel (Muenchen, 2011). A pesar de las cualidades de este tipo de herramientas para ejecutar el procesamiento y análisis estadístico a partir del conjunto de datos proporcionado, ellas pueden ser muy generales o no ser lo suficientemente óptimas para cuando se necesitan realizar ciertos procesos, especialmente aquellos más específicos (por ejemplo, la caracterización de almendras).

A partir de estos antecedentes surgen preguntas como: ¿Qué técnicas estadísticas se utilizan en estudios/trabajos sobre cacao? La respuesta a esta pregunta por su parte conduce a formular otra pregunta: ¿Qué herramientas estadísticas se utilizan en dichos análisis? Finalmente, no se puede dejar de considerar aquellos casos en los que se usa software construido a la medida o aplicaciones agromáticas (herramientas computacionales o software aplicados al funcionamiento y manejo de los sistemas agropecuarios (D'Angelo, 2006). Por lo tanto, es oportuno también preguntarse: ¿Qué aplicaciones informáticas o agromáticas se han desarrollado y utilizado para realizar análisis estadísticos en estudios/trabajos sobre cacao?



Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo identificar las diferentes técnicas estadísticas que se utilizan en estudios sobre cacao desde un punto de vista de la agromática. Para ello, se realizó una revisión de literatura con miras a responder las preguntas antes formuladas tomando como referencia investigaciones previamente realizadas. Esta revisión contempló la utilización de varias bases de datos muy habitualmente empleadas en Ciencias de la Computación. La idea detrás de esto es efectuar dicha revisión fundamentalmente desde el área de software y aplicaciones agromáticas. A diferencia de otros trabajos como, por ejemplo, (Bazán-Vera *et al.*, 2017; Vásquez-Bermúdez *et al.*, 2019; Abambari *et al.*, 2021) que realizan revisiones bibliográficas sobre agromática en general o Tecnologías de la Información y Comunicación en el área agrícola, este artículo se centra exclusivamente en aquellas referentes al cacao. Para ello, en la siguiente sección se describe la metodología empleada para la selección de los artículos analizados y en la tercera sección se presentan los resultados encontrados junto con su respectiva interpretación.

Metodología

Se llevó a cabo una revisión sistemática prestando atención fundamentalmente a artículos de revistas científicas y de conferencias internacionales. Para el efecto, se aplicaron las recomendaciones para este tipo de revisiones en el área, como las detalladas en (Carrizo y Moller, 2018; Kitchenham, 2004; Webster y Watson, 2002), que han sido aplicadas en otros estudios de Ciencias de la Computación (Erazo y Pino, 2015; Mårtensson *et al.*, 2021) como también en agromática (Bazán-Vera *et al.*, 2017; Vásquez-Bermúdez *et al.*, 2019). Con esta revisión se pretendió identificar las técnicas estadísticas que se utilizan en diferentes estudios/trabajos sobre cacao, pero complementado con la Informática. Esto significa que se trató de identificar también el software o aplicaciones informáticas que se utilizaron en tales trabajos.

Para el efecto, se emplearon varias bases de datos. Tomando en cuenta que este trabajo tiene un enfoque informático, se optó por recurrir a las principales bases de datos del área (Turner, 2010); es decir, se consideraron principalmente ACM Digital Library, IEEE Xplore, Springer, ScienceDirect.

Mediante los buscadores de estas bases de datos se procedió a la búsqueda respectiva. En ellos se introdujo la cadena o palabras clave preparadas previamente para la búsqueda.



La cadena empleada fue: "characterization of cocoa" OR "characterizing cocoa" OR "cocoa characterization" OR "caracterización del cacao".

Con los resultados arrojados por cada buscador, se procedió a seleccionar los artículos considerados pertinentes. Para esto se aplicaron varios criterios (parámetros de inclusión). Primero, cada uno de los artículos científicos seleccionados debía estar escrito en inglés o español, haber sido publicado en una revista indexada (en las bases de datos empleadas) o en alguna conferencia internacional. Segundo, el artículo/estudio debía estar enfocado a los granos de cacao. Y, finalmente, las técnicas estadísticas empleadas debían estar mencionadas explícitamente.

Por otro lado, también se definieron criterios para no tomar en consideración ciertos artículos (parámetros de exclusión). El primero, no mencionar ninguna técnica estadística ni utilizar alguna aplicación informática/agromática o software para el procesamiento/análisis estadístico de los datos. Segundo, si el artículo se enfoca al árbol de cacao, derivados del cacao u otros aspectos, no será seleccionado. Tercero, el artículo no debe ser de tipo revisión bibliográfica (*survey*) o una revisión sistemática, por la necesidad de identificar técnicas estadísticas y software empleados en estudios experimentales o investigaciones originales. Finalmente, si el artículo no está disponible en línea, no es tomado en consideración.

A partir de los artículos preseleccionados, se procedió a escoger aquellos que entrarían a la fase de revisión con miras a lograr el objetivo del estudio. Para el efecto, se inició con la lectura del título y del resumen o "abstract". Si éste era considerado adecuado, se seleccionaba; caso contrario, se procedía a descartarlo. Con aquellos artículos que pasaron este proceso, se procedió a la revisión del texto completo para la extracción de los datos de interés y que se presentan en la siguiente sección.

Resultados y Discusión

Selección de artículos

A partir del protocolo definido, se procedió con la búsqueda, preselección y selección de los artículos correspondientes. Se preseleccionaron veintiocho artículos aplicando los criterios de inclusión. Con base en esto se inició la revisión con miras a extraer datos relevantes que podrían ayudar a responder las preguntas planteadas. La Figura 1 muestra la



distribución de artículos seleccionados de acuerdo a la base de datos de donde fueron obtenidos.

Durante la búsqueda se observó un aspecto que llamó la atención. Muchos de los resultados incluían artículos referentes a software con el nombre de cacao (en inglés). Un ejemplo de esto es CoCoA (Abbott *et al.*, 2007), un sistema de propósito especial enfocado a la realización de cálculos en álgebra conmutativa, capaz de funcionar en varias plataformas. Sin embargo, ninguno de estos trabajos fue tomado en consideración debido a que no cumplían los criterios definidos.

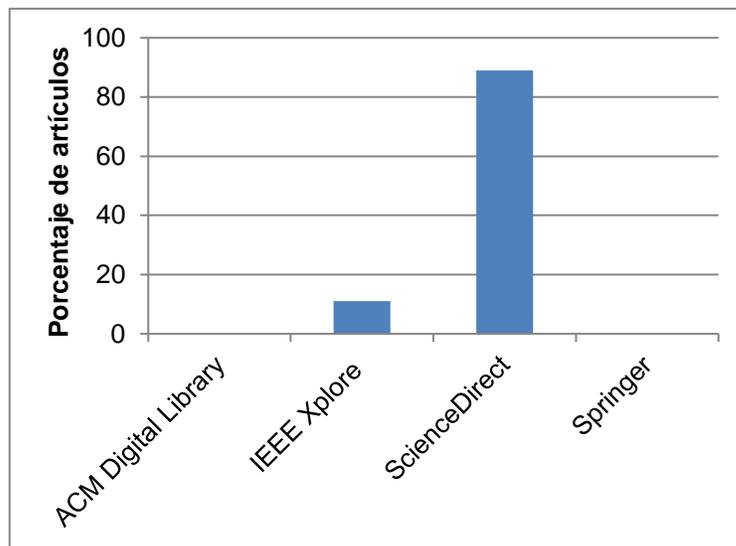


Figura 1. Artículos seleccionados para revisión detallada según base de datos consultada.

Técnicas estadísticas

La primera pregunta que se trató de contestar tiene que ver con las técnicas estadísticas utilizadas en los estudios/trabajos seleccionados. La respuesta es amplia debido a que se identificaron diferentes técnicas en cada uno de los estudios, y cada uno a su vez empleaba más de una técnica en la mayoría de los casos. Sin embargo, a continuación, se describen algunos de estos hallazgos organizados en dos grupos: análisis univariante y análisis multivariante (tabla 1).

En cuanto a las técnicas estadísticas univariantes, pueden citarse en primer lugar las técnicas para análisis de frecuencias, medidas de tendencia central, medidas de dispersión y medidas de forma de distribución (Sanchez *et al.*, 2019). A estas técnicas se deben sumar



las que permiten determinar diferencias estadísticamente significativas, como el análisis de varianza. Anova, por ejemplo, ha sido utilizada para determinar los efectos de masa de la muestra y grado de tueste (Tan y Kerr, 2019). Adicional al análisis de varianza, se han empleado pruebas como Kruskal Walli, Mann-Whitney y Tukey con la finalidad de encontrar diferencias entre grupos (Acierno *et al.*, 2019).

Tabla 1. Técnicas estadísticas identificadas en los artículos seleccionados.

Autores y años	Tema de estudio	Técnicas aplicadas destacadas
Caligiani <i>et al.</i> (2014)	Caracterización de almendras de cacao de diferentes orígenes y niveles de fermentación.	Análisis discriminante por pasos.
Marseglia <i>et al.</i> (2016)	Origen de almendras de cacao.	Análisis de componentes principales.
Acierno <i>et al.</i> (2019)	Caracterización de almendras de cacao fermentadas.	Análisis de varianza.
Tan y Kerr (2019)	Caracterización de refinamiento de cacao usando una “nariz electrónica”.	Análisis de varianza.
Perotti <i>et al.</i> (2020)	Detección de marcadores de humo en cacao.	Análisis de componentes principales, análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales.

El análisis de componentes principales (PCA), útil para describir conjuntos de datos empleando nuevas variables no correlacionadas según Wold *et al.* (1987), es una de las técnicas empleadas en estudios enfocados a caracterizar el cacao. Una de esas posibles utilidades es clasificar el cacao según el origen como señalan Marseglia *et al.* (2016). En este trabajo, PCA fue empleado inicialmente para realizar una exploración de los datos y reducir la complejidad de su gestión y análisis. Además, los autores aplicaron DModX (distance to the model tests) con la finalidad de verificar valores atípicos en su conjunto de datos y evaluar el dominio de aplicabilidad del modelo para las muestras seleccionadas.



Cabe mencionar también que Marseglia *et al.* (2016) utilizaron algoritmos como Projections to Latent Structures-Discriminant Analysis, Orthogonal Projections to Latent Structures-Discriminant Analysis, Orthogonal Signal Correction y Orthogonal Projections to Latent Structures en su estudio.

El análisis discriminante por pasos (SDA), cuya descripción puede encontrarse en (Rudas, 1984), es otra técnica que puede utilizarse en estudios sobre cacao. En este sentido, Caligiani *et al.* (2014) la emplearon para conocer las variables que permitan discriminar las diferentes almendras de cacao.

En un trabajo más reciente, Perotti *et al.* (2020) identificaron otra aplicación de estadística multivariada: discriminación y clasificación de almendras de cacao y licores. En este caso se aplicaron técnicas como PCA, análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) y análisis de regresión. PCA fue usado para explorar la conformación de grupos de muestras y localizar químicos informativos responsables de la discriminación necesaria, mientras que PLS-DA se usó para efectuar una clasificación coherente por almendras de cacao, y por muestras ahumadas o no ahumadas.

Software para análisis estadístico

En cuanto a las herramientas de software para llevar a cabo los análisis estadísticos necesarios, la respuesta obtenida a partir de la revisión bibliográfica es muy variada. Como puede apreciarse en la tabla 2, los resultados abarcan tanto software estadístico de propósito general como software especializado en ciertos tipos de análisis o tratamientos de datos. Sin embargo, en los artículos revisados, los autores no hacen mención a haber desarrollado alguna aplicación de software para ejecutar su estudio o analizar sus datos estadísticamente.

Tabla 2. Software para análisis estadístico identificado en los artículos seleccionados.

Software	Autores	Descripción	Casos de uso (con cacao)
PTRwid	Holzinger (2015)	Herramienta para procesar datos de espectrómetros de masas de tiempo de vuelo de reacción de transferencia de protones, diseñado para una evaluación integral de laboratorio o estudios de campo.	Procesar datos de granos de cacao fermentado como detección de picos y calibración de escala de masa.



Software	Autores	Descripción	Casos de uso (con cacao)
SPSS	IBM Corp. (2020)	Software de estadísticas para ingenieros y científicos empleado para el análisis estadístico interactivo o por lotes.	Ejecutar análisis de PCA y SDA.
AMIX	Bruker (2021a)	Proporciona una colección de herramientas y rutinas integradas enfocadas al análisis de datos estadísticos y espectroscópicos. Busca ayudar a mejorar la productividad para una amplia variedad de aplicaciones, como la metabolómica, la investigación de moléculas pequeñas y el análisis de mezclas.	Estudiar el perfil metabólico del cacao aplicando técnicas de resonancia magnética nuclear (NMR).
Matlab	The Mathworks (Inc., 2021)	Combina un entorno de escritorio adaptado para procesos de diseño y análisis iterativos con un lenguaje de programación. Se usa para diversas aplicaciones como aprendizaje profundo y automático, procesamiento de señales e imágenes/videos, y muchas más.	Realizar transformaciones de datos y entrenar Modelos de Distribución de Kernel y algoritmos genéticos.
Morpheus	Broad Institute (2021)	Software de análisis y visualización de matrices versátil que permite visualizar conjuntos de datos como mapas de calor.	Creación de mapas de calor relacionados a granos de cacao.
Pirouett	Infometrix (2021)	Software de modelado de quimiometría diseñado para organizar y comprender datos complejos, enfocándose en instrumentos analíticos y aplicaciones clínicas, monitoreo ambiental, control de calidad de refinerías y administración de bases de datos.	Ejecutar análisis de PCA, PLS-DA y regresión.
SAS	SAS Institute Inc. (2021)	Paquete de software estadístico desarrollado para el análisis avanzado, la gestión de datos, análisis multivariante, investigación criminal, inteligencia empresarial y análisis predictivo.	Ejecutar tests como Anova.
SIMCA-P+13	Umetrics (2021)	Facilita el manejo de datos, ya sea en grandes cantidades, por lotes, series de tiempo u otros datos, transformándolos en información visual para una fácil interpretación, lo que permite tomar decisiones y actuar, rápidamente y con confianza.	Ejecutar análisis estadístico de conjunto de datos de NMR de granos de cacao secos y fermentados.



Software	Autores	Descripción	Casos de uso (con cacao)
Topspin	Bruker (2021b)	Brinda bibliotecas de experimentos que incluyen secuencias de pulsos (Bruker) estándar, permitiendo crear y organizar sus propias bibliotecas de experimentos personalizados mediante arrastrar y soltar; proporciona múltiples opciones para la configuración y optimización de experimentos, el ajuste de parámetros basado en scripts y simplificando la configuración de experimentos sofisticados.	Analizar perfiles mediante técnicas de reconocimiento de patrones, así como realizar conversiones, transformaciones y correcciones de datos (como Bruker y Fourier).
Unscrambler, CAMO Software	Camo Analytics (2021)	Herramienta para modelado, predicción y optimización utilizando analíticas potentes y visualizaciones interactivas para desarrollar productos más rápidamente, mejorar la calidad del producto y optimizar procesos.	Tratamiento de datos sobre espectros de reflectancia de muestras de granos de cacao.
Xlstat	Addinsoft (2021)	Complemento de análisis de datos de MS Excel, potente y flexible, que permite a los usuarios analizar, personalizar y compartir resultados dentro de Microsoft Excel.	Ejecutar tests como Kruskall-Wallis.

Aplicaciones agromáticas

La evolución de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha permitido incorporarlas en los diferentes ámbitos de la vida diaria, y las prácticas agropecuarias no son la excepción (Abambari *et al.*, 2021). Ello ha dado origen a la Agromática; es decir, al uso de herramientas informáticas o computacionales aplicadas al manejo y funcionamiento de sistemas agropecuarios (D'Angelo, 2006). Aunque el énfasis a las prácticas agropecuarias puede variar, este trabajo se enfocó fundamentalmente en el software, y particularmente, en el cacao.

De acuerdo a los resultados de la revisión sistemática, las diferentes aplicaciones de software mencionadas en los artículos seleccionados no fueron desarrolladas específicamente para cada uno de los estudios correspondientes. En su lugar, los autores respectivos usaron software de terceros, ya sea de propósitos generales o específicos. Esto permite evidenciar la oportunidad de contribuir con más software o aplicaciones agromáticas que ayuden en la ejecución de las diferentes prácticas agrícolas.



A pesar de esta situación, conviene dar una mirada al estado de la agromática, aunque de una manera más amplia. En primer lugar, mediante una revisión sistemática, Bazán-Vera *et al.* (2017) proporcionan una perspectiva general del rol de las TIC y sus efectos en la agricultura. Entre las tecnologías encontradas, los autores mencionan sistemas de soporte a las decisiones, web semántica, computación en la nube, internet de las cosas, big data, entre otras. No obstante, no hay referencia al objeto de interés de este trabajo, el cacao, lo cual es sólo una muestra del porqué los autores concluyen que los resultados obtenidos reflejan la necesidad de integrar soluciones de TIC a los procesos agrícolas para optimizarlos y reducir los costos de inversión.

En otro trabajo más reciente, Vásquez-Bermúdez *et al.* (2019) llevaron a cabo un mapeo sistemático con miras a identificar relaciones potenciales sobre ciencia ciudadana en agricultura a través de las TIC, tomando en cuenta la inexistencia de estudios estadísticos que informen sobre la cantidad de proyectos existentes en agricultura y tecnología. Entre las tecnologías más utilizadas para este fin los autores encontraron portales web, móviles, redes wifi, sensores, software de modelamiento y videos. Este trabajo permite reforzar la postulación sobre la importancia de llevar soluciones tecnológicas a la agricultura.

Conclusiones

Teniendo como motivación la utilidad de la estadística y la evolución de las TIC, se ha realizado una revisión sistemática que ha permitido identificar diferentes técnicas estadísticas y software, con una orientación hacia la agromática y con énfasis en la caracterización del cacao. En cuanto a la pregunta de investigación referente a las técnicas estadísticas, se evidenció el empleo de técnicas univariantes y multivariantes en estudios referentes al cacao. El análisis de frecuencias, las medidas de tendencia central, las medidas de dispersión, las medidas de forma de distribución y el análisis de varianza (junto con tests como Kruskal Walli, Mann-Whitney y Tukey) destacan entre las técnicas univariantes identificadas. En cambio, entre las técnicas estadísticas multivariantes se puede citar el análisis de componentes principales como la más destacada.

En segundo lugar, se trató de determinar las herramientas estadísticas que usualmente se emplean para ejecutar los análisis respectivos, encontrando que las diferentes técnicas identificadas son ejecutadas usualmente con la ayuda de algún software estadístico de



propósito general (como SAS o SPSS). Además, en los trabajos revisados se pudo apreciar el uso de otras aplicaciones para propósitos más específicos como la creación de mapas de calor, modelado quimiométrico, gestión de experimentos o análisis de datos provenientes de la aplicación de resonancia magnética nuclear.

Por último, la tercera pregunta abordada apuntaba a aplicaciones informáticas o agromáticas desarrolladas específicamente para estudios referentes a cacao. En este caso, no se logró identificar software o herramientas agromáticas desarrolladas para usos o contextos más concretos o particulares. Esto, en consonancia con otras revisiones sistemáticas sobre agromática, constituye una evidencia la necesidad de continuar potenciando esta área. De hecho, las TIC ofrecen bondades que han sido aprovechadas en diferentes ámbitos y que aún pueden convertirse en un mayor aporte en el área agrícola. En este contexto, por ejemplo, si se conocieran cuáles son las técnicas estadísticas empleadas en la caracterización de las almendras de cacao, se podría desarrollar una aplicación agromática para ser usada en el estudio de las almendras de cacao dentro del ámbito académico, con la posibilidad de hacer extensivo su uso por medio de las asociaciones de productores de cacao de la zona que corresponda. En definitiva, este trabajo constituye un preámbulo para el desarrollo de otras investigaciones pertinentes a la agromática y el cacao.

Agradecimientos: Los autores agradecen el financiamiento recibido por FOCICYT, Séptima Convocatoria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Quevedo, Ecuador).

Conflicto de interés

Los autores afirman no presentar ningún conflicto de interés en la presente investigación.

Referencias

- Abambari, S. G., Morales, S. X., y Macas, A. A. (2021). Tecnologías de la información y comunicación en el sector agrícola: la e-agricultura. *Centrosur*, 1(8), 88-98.
- Abbott, J., Bigatti, A., Caboara, M., y Robbiano, L. (2007). CoCoA: Computations in Commutative Algebra. *ACM Communications in Computer Algebra*, 4(3), 111-112.



- Acierno, V., Fasciani, G., Kiani, S., Caligiani, A., y van Ruth, S. (2019). PTR-QiToF-MS and HSI for the characterization of fermented cocoa beans from different origins. *Food chemistry*, 289, 591-602.
- Addinsoft. (2021). *XLSTAT [software]*. <https://www.xlstat.com/>
- Arvelo, M. A., González León, D., Delgado, T., Maroto, S., y Montoya López, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacaoprácticas latinoamericanas*. San José: IICA.
- Bazán-Vera, W., Bermeo-Almeida, O., Samaniego-Cobo, T., Alarcon-Salvatierra, A., Rodríguez-Méndez, A., y Bazán-Vera, V. (2017). The Current State and Effects of Agromatic: A Systematic Literature Review. *International Conference on Technologies and Innovation* (págs. 269-281). Springer, Cham.
- Broad Institute. (2021). *Morpheus [software]*. <https://software.broadinstitute.org/morpheus/>
- Bruker. (2021a). *AMIX [software]*. <https://www.bruker.com/products/mr/nmr/software/amix.html>
- Bruker. (2021b). *TopSpin [software]*. <https://www.bruker.com/products/mr/nmr/software/topspin.html>
- Camo Analytics. (2021). *Unscrambler [software]*. <https://www.camo.com/unscrambler/>
- Caligiani, A., Palla, L., Acquotti, D., Marseglia, A., y Palla, G. (2014). Application of 1H NMR for the characterisation of cocoa beans of different geographical origins and fermentation levels. *Food chemistry*, 157, 94-99.
- Carrizo, D., y Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare*, 26, 45-54.
- D'Angelo, C. (2006). Notas sobre la Ordenación del Territorio. *Revista Perspectivas*, 4(6), 14-18.
- Erazo, O., y Pino, J. A. (2015). Predicting Task Execution Time on Natural User Interfaces based on Touchless Hand Gestures. *Proceedings of IUI 2015*, pp. 97-109. ACM Press.
- Glaz, B., y Yeater, K. M. (2020). *Applied statistics in agricultural, biological, and environmental sciences*. John Wiley & Sons.
- Holzinger, R. (2015). PTRwid: A new widget tool for processing PTR-TOF-MS data. *Atmospheric Measurement Techniques*, 8(9), 3903–3922.



- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics for Windows [software]*.
<https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>
- Infometrix. (2021). *Pirouette – Comprehensive Chemometrics Modeling Software [software]*. <https://infometrix.com/pirouette/>
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Joint Technical Report, Computer Science Department, Keele University (TR/SE-0401) and National ICT Australia Ltd. (0400011T.1).
- Marseglia, A., Acquotti, D., Consonni, R., Cagliani, L. R., Palla, G., y Caligiani, A. (2016). HR MAS 1H NMR and chemometrics as useful tool to assess the geographical origin of cocoa beans—Comparison with HR 1H NMR. *Food Research International*, 85, 273-281.
- Mårtensson, T., Ståhl, D., Martini, A., y Bosch, J. (2021). Efficient and effective exploratory testing of large-scale software systems. *Journal of Systems and Software*, 174, 110890.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). *Ecuador es el primer exportador de cacao en grano de América*. <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-es-el-primer-exportador-de-cacao-en-grano-de-america/>
- Muenchen, R. A. (2011). *R for SAS and SPSS users*. Springer Science y Business Media.
- Perotti, P., Cordero, C., Bortolini, C., Rubiolo, P., Bicchi, C., y Liberto, E. (2020). Cocoa smoky off-flavor: Chemical characterization and objective evaluation for quality control. *Food chemistry*, 309(2020).
- Quevedo Guerrero, J. N., Romero López, J. A., y Tuz Guncay, I. G. (2018). Calidad físico química y sensorial de granos y licor de cacao (*Theobroma Cacao* L.) Usando cinco métodos de fermentación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 115-127.
- Rudas, T. (1984). Stepwise Discriminant Analysis Procedure for Categorical Variable. *Compstat*. Physica, Heidelberg.
- Sanchez, M., Mestanza, C., Vargas, Y., Burbano, R., Calero, A., y Ramirez, C. (2019). Evaluation of the Cocoa Bean (*Theobroma Cacao* L.), using Two Fermentators, Orellana and Sucumbios Provinces, Ecuador. *Int. J. Eng. Res. Technol.*, 8(7).
- SAS Institute Inc. (2021). *SAS [software]*. <https://www.sas.com/>
- Tan, J., y Kerr, W. L. (2019). Characterizing cocoa refining by electronic nose using a Kernel distribution model. *LWT*, 104, 1-7.



- The Mathworks, Inc. (2021). *Matlab [software]*. <https://www.mathworks.com/>
- Turner, M. (2010). *Digital libraries and search engines for software engineering research: An overview*. Keele University, UK.
- Umetrics. (2021). *SIMCA-P+13 [software]*. <https://www.sartorius.com/>
- Vásquez-Bermúdez, M., Hidalgo, J., Crespo-León, K., y Cadena-Iturralde, J. (2019). Citizen Science in Agriculture Through ICTs. A Systematic Review. *2nd International Conference on ICTs in Agronomy and Environment* (págs. 111-121). Springer, Cham.
- Webster, J., y Watson, R. T. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2), 13-23.
- Wold, S., Esbensen, K., y Geladi, P. (1987). Principal component analysis. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 2(1-3), 37-52.