

Aplicativo Software para la gestión de una planta piloto de producción de derivados de la caña panelera

Software application for the management of a pilot plant for production of panela sugar cane derivatives

Urbano Eliécer Gómez-Prada¹ , Marco Antonio Villamizar-Araque¹ , Brayán Danilo Ortiz-Hernández¹, Ariel René Carreño-Olejua² 

¹ Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia

² Agrosavia, Colombia

urbano.gomez@upb.edu.co, marco.villamizar@upb.edu.co, brayan.ortiz@upb.edu.co, acarreno@agrosavia.co

(Recibido: 14 octubre 2022; aceptado: 13 junio 2023; Publicado en Internet: 30 junio 2023)

Resumen. El presente artículo contempla un aplicativo software en su fase de prototipo propuesto en el contexto de desarrollo de tecnología para pequeños productores agrícolas de caña panelera, con un alcance de exploratorio descriptivo y enmarcado en metodologías de desarrollo y uso de tecnología de la información. El aplicativo tiene por objeto de acompañar la operación de los equipos y permite la trazabilidad de tres elementos pertinentes para el funcionamiento como son la producción, la inocuidad y el mantenimiento y con ello promueve el aseguramiento de la calidad e inocuidad de los productos post cosecha relacionados con la transformación de la caña panelera en pequeños productores. La herramienta en su estado actual se ha desarrollado siguiendo aspectos de generalización que permiten la futura replica a otras tecnologías desarrollada por el CDT. Este documento presenta las generalidades de la máquina, la caracterización realizada de los puntos de control y la explicación siguiendo algunos elementos de UML.

Palabras clave: Productor Agropecuario, Planta piloto de producción, Caña panelera, Aplicativo Software Multiplataforma, Rad Studio.

Abstract. This article contemplates a software application in its prototype phase proposed in the context of technology development for small agricultural producers of panela cane, with a descriptive exploratory scope framed in development methodologies and the use of information technology. The purpose of the application is to monitor the operation of the equipment and allow the traceability of three relevant elements for the operation, such as production, safety, and maintenance, which promotes the assurance of the quality and safety of the related post-harvest products, with the transformation of panela sugar cane in small producers. In its current state, the tool has been developed following generalization aspects that allow future replication to other technologies developed by the CDT. This document presents the machine's generalities, the characterisation of the control points, and the explanation following some UML elements.

Keywords: Agricultural Producer, Pilot Production Plant, Sugar Cane, Multiplatform Software Application, Rad Studio.

Tipo de artículo: Artículo de investigación.

1 Introducción

El aplicativo software descrito en este documento hace parte de un conjunto de equipamientos propuestos en una tecnología desarrollada y patentada por el Centro de Desarrollo Tecnológico AGROIN (CDT) que se enmarca en el uso de tecnología de la información (TIC), para apoyar la labor agrícola del pequeño productor panelero para el que se contemplan tres (3) condiciones de partida: (i) La existencia de un equipamiento tecnológico a escala de planta piloto orientado al productor agrícola que se dedica a la extracción y procesamiento de jugos de caña panelera en un entorno rural y posterior elaboración de melazas, que garantiza la extracción de jugos y producción de melazas, dicho equipamiento requiere para su operación controles que apoyen la trazabilidad de información, (ii) La necesidad de asegurar la

trazabilidad de la inocuidad de los jugos y melazas a partir de caña panelera, y (iii) la oportunidad de asegurar la trazabilidad mencionada a través de herramientas TIC.

Un pequeño productor agropecuario es una persona natural que dirige una unidad productora agropecuaria y toma las principales decisiones sobre el cultivo de plantas, la cría de animales, las prácticas agropecuarias, el uso sobre medios de producción y la venta de los productos agropecuarios (DANE, 2016). En este caso es un productor panelero, en el que, para apoyar su labor, el CDT ha desarrollado la planta piloto cuyos equipamientos necesitan contar con información de la operación e inocuidad en cada uno de los procesos que se dan en ellas, por ello se implementó el aplicativo que da soporte mediante los registros que surgen al operarla.

La planta piloto contempla como proceso central la extracción mecánica de jugos a partir de caña panelera en su estado natural. El proceso central a su vez se compone de los siguientes subprocesos: (1) Fase de alimentación de caña, (2) Fase de extracción mecánica de jugos presentes en la caña, (3) Fase de acumulación de jugos, (4) Fase de Disposición de Bagazos y (5) Fase de Evaporación de jugos y generación de melazas.

El ciclo metodológico que se propone en este estudio, parte de las necesidades de contribuir con:

1. El desarrollo mecánico de equipamiento agrícola para pequeños productores.
2. El fortalecimiento del desarrollo del equipamiento agrícola utilizada para la extracción de jugos y la generación de melazas, a partir de la incorporación de TIC.
3. Acercar a la comunidad rural, al uso de nuevas las tecnologías que les permitan un mayor beneficio de la producción agrícola.
4. Propender para que la comunidad pueda hacer mantenimiento a dichas tecnologías.

2 Materiales y métodos

La producción agrícola es una actividad económica que gira en torno a la generación de productos para el consumo humano (Santacoloma-Varón, 2015) y debido a la cantidad de interacciones entre los componentes del sistema se genera información que debe ser tenida en cuenta, por quienes lo dirigen, para tomar decisiones (de Buck et al., 2001) y para disminuir la incertidumbre para mejorar las utilidades de su actividad (Budiyanto, 2017).

La producción agrícola es llevada a cabo por Pequeños productores del sector rural y se les quiere formar en mejores prácticas agrícolas que les permitan acceder a más información de sus procesos, para que, tal y como lo expresa (Chen et al., 2018) y (Arévalo-Ascanio et al., 2015) puedan disminuir los errores o retrasos en las decisiones al contar con información que mejore la eficiencia de los procesos.

La caña panelera es una planta de la especie herbáceas, vivaces de tallo leñoso de un género de gramíneas originaria de la Melanesia (Vergara et al., 2018). El tronco de la caña constituido por una parte fibrosa y otra fluida, que contiene agua y sacarosa, en ambas partes se encuentran sustancias en cantidades mínimas cuyas proporciones varían de acuerdo con la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, abono, lluvias, riegos, sol, métodos de cultivo, entre otros. En Colombia, los departamentos de Santander, Antioquia, Cundinamarca, Nariño y Boyacá representaban para el 2014 el 55,3% de la producción nacional de panela en el área rural, según el DANE (2016), en ese año (2014), de Santander tuvo una producción de 1.4 Millones de toneladas (DANE, 2016).

La planta piloto de producción de derivados de la caña panelera cuenta con los procesos: Extracción Mecánica, Acumulador de jugos y Disposición de Bagazo. Algunos de estos elementos cuentan con sensores para apoyar el control de operación tales como la presión en el tornillo en la extracción, la cantidad de peso en el recolector de jugo y el gas que suministra.

Teniendo en cuenta que la aplicación se integra con otras herramientas para apoyar al agricultor y que esta debe funcionar de manera asíncrona con la base de datos que se encuentra en la nube, se decidió trabajar en RAD Studio, un entorno de programación para desarrollar aplicaciones nativas multiplataforma con servicios flexibles de nube y amplia conectividad para Linux, Windows, Mac y Android, con varios gestores de bases de datos, es compatible con Delphi o C++ (Lazurchak et al., 2020).

En cuanto a la metodología, el CDT trabaja para la resolución de problemas del agro y ha propuesto para sus desarrollos el uso de metodologías con un enfoque de investigación exploratorio-descriptivo que sigue un proceso iterativo (Hernández-Sampieri et al., 2018) que en la fase exploratoria se contempla: a) la observación tanto del funcionamiento de los equipos, la inocuidad de los productos, como del uso de información requerido, para ello se observa el funcionamiento de la configuración productiva, los puntos

críticos para controlar la inocuidad de los productos, las actividades a contemplar para la realización del mantenimiento y en la fase descriptiva, se establece: b) un conjunto de requerimientos de usuario, que se convierten en una de las entradas, para el siguiente nivel de la metodología, como lo es: c) la implementación y construcción, es este caso, de desarrollo y uso de TIC, analizando cómo las TIC pueden promover el aseguramiento de información de proceso y de trazabilidad de los puntos críticos de inocuidad.

Posteriormente, se concluye con la fase de: d) pruebas del desarrollo de las tecnologías de la información TI, donde el reto es la captura, organización, almacenamiento y recuperación información del proceso, de la inocuidad de los productos (jugos y melazas) y del mantenimiento del equipamiento crítico.

En cada iteración se debe lograr una intervención que se debe llevar a cabo con acompañamiento de los pequeños productores. Un esquema de la metodología es presentado en la [Figura 1](#), en donde se debe tener en cuenta que en cada repetición se logran versiones de las tecnologías.

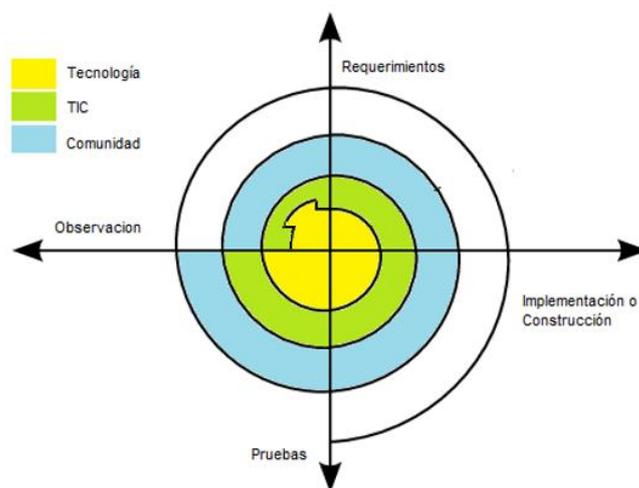


Figura 1. Esquema de la metodología aplicada.

A partir del conocimiento de la forma de operar del equipamiento se determinan los requerimientos y sobre ellos se diseña una capa de software que asegura la operación, la inocuidad y el mantenimiento de la máquina. Como valor agregado al software a construir se busca que sea lo más genérico posible para facilitar la posibilidad de replicación y a otras tecnologías de interés del CDT y de las comunidades de interés, que tengan necesidades de gestionar, en fase de post cosecha, la producción, la inocuidad y el mantenimiento.

Se debe tener en cuenta que en este punto se integró la metodología de investigación con la metodología de desarrollo del equipamiento y del software siguiendo los siguientes pasos:

Para el equipamiento:

1. Definición de suposiciones básicas.
2. Desarrollo del concepto (forma, función y características del proceso con sus especificaciones).
3. Definición de la arquitectura del proceso y desglose, en subsistemas y componentes.
4. Especificación de las partes del proceso.
5. Elaboración y evaluación de las versiones de producción previas al proceso final.
6. Documentación y Evaluación del proceso a nivel de planta piloto.

Para el aplicativo:

Se siguió el proceso unificado racional (RUP) el cual es dirigido por casos de uso y es iterativo e incremental pues se repite a través de ciclos que siguen los siguientes pasos (Jacobson et al., 2000):

1. Definición de Requerimientos (Definición de Escenarios, Casos de Prueba) para ello se identificación de puntos de control de la planta que debe apoyar el aplicativo en la operación.
2. Especificación de los Modelos del aplicativo.
3. Modelar las entidades con sus atributos que den soporte la trazabilidad y seguimiento según los criterios seleccionados.
4. Implementar el código según el entorno de programación.

5. Revisar si la tecnología cumple una funcionalidad y se prueba por parte de los desarrolladores.

3 Resultados

El equipamiento requiere, además, del control automatizado de los sensores con el que ya cuenta, controlar aspectos para la producción e inocuidad de los subproductos y del mantenimiento, en cada proceso fueron caracterizados los subproductos, los puntos de control de inocuidad y las acciones de mantenimiento en los que es necesario llevar registro, y para el registro de estas actividades se propuso el aplicativo. Las fases donde se llevan a cabo procesos, junto a los puntos de control en donde se deben registrar actividades, es presentado en la [Figura 2](#).

Tras la caracterización de los puntos de control de la planta piloto, se unificaron elementos necesarios para diseñar el aplicativo, tales como los actores y los requerimientos, que se resumen en la [Figura 3](#). Los perfiles de usuario son:

1. Operario (usuario tipo 1): Es quien opera el equipamiento y registra la producción de jugos y evaporación de melazas.
2. Técnico de mantenimiento (usuario tipo 2): Es el encargado de realizar el mantenimiento y parametrizar actividades de operación
3. Técnico en Inocuidad (tipo 3): Es quien lleva registro de la inocuidad en los puntos de control y parametrizar actividades de inocuidad en los puntos de control.

Los requerimientos de gestión de la información del aplicativo son:

1. Registrar insumos, actividades de transformación y subproductos que surgen de la operación.
2. Registrar inocuidad en puntos de control.
3. Registrar datos de mantenimientos.
4. Generar Informes de operación, inocuidad y mantenimientos.
5. Gestionar Parámetros de: (a) subproductos en cada fase, (b) actividades de manteamientos para los componentes del equipamiento, (c) actividades de inocuidad en los puntos de control.

Se destacan dos características bajo este enfoque de desarrollo y como valor agregado:

1. Que el aplicativo experimenta dos estados posibles de parametrización, el inicial, que permite la configuración base de parámetros de operación, inocuidad y mantenimiento, y el segundo, un estado de producción, en el cual se dan los parámetros según condiciones de la producción
2. Los tres requerimientos de registro siguen los mismos pasos sin importar si es operación, mantenimiento o inocuidad, es decir, para el registro, cualquier tipo usuario, indica el elemento en el que va a registrar la actividad y el aplicativo, según el tipo de usuario le habilita el o los parámetros a registrar (El diagrama del proceso de registro se presenta en la [Figura 4](#)).
3. Finalmente, estas características permiten que el aplicativo sea genérico y se pueda adaptar a futuras configuraciones incluyendo nuevas fases, procesos, subproductos o tipos de usuario.

El software se implementó en Delphi usando el entorno Rad Studio. Un ejemplo del aplicativo en la fase de desarrollo se aprecia en la [Figura 5](#) donde hay algunos elementos básicos como son:

1. La barra de menú.
2. El sistema operativo para compilar: Android.
3. La barra de elementos en donde está disponible el grupo de elementos estándar.
4. El panel de la estructura del formulario activo
5. El software en desarrollo desde la vista del formulario para Android.
6. El panel del proyecto.

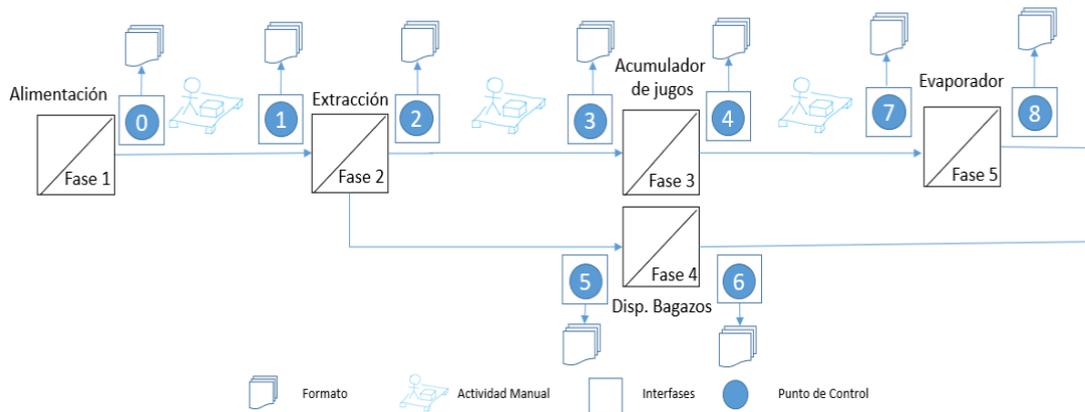


Figura 2. Mapa de procesos de la extracción de jugos de la caña panelera.

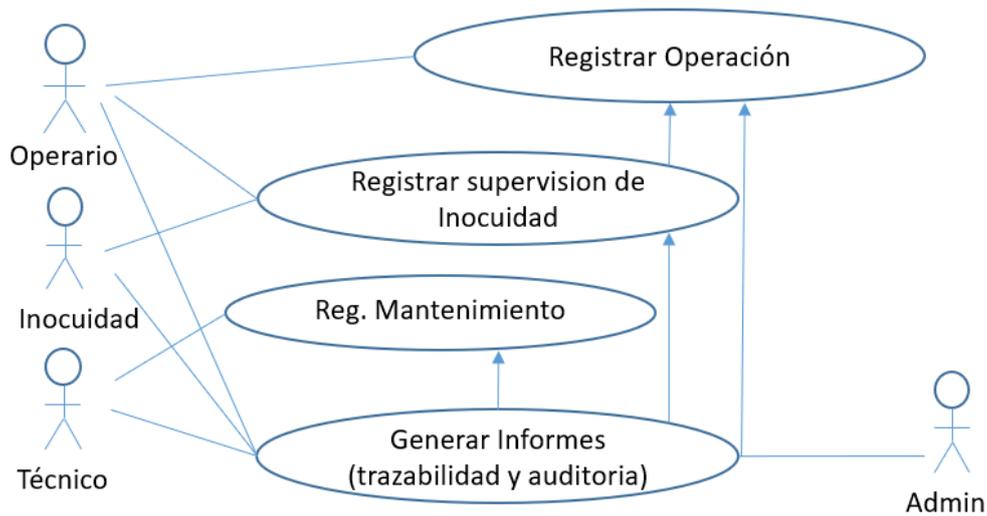


Figura 3. Diagrama de casos de uso del aplicativo.

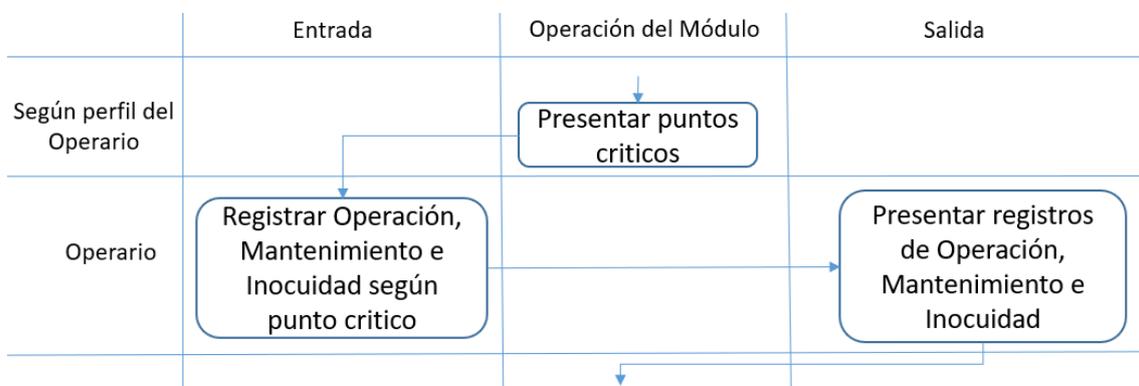


Figura 4. Acciones por seguir en cada punto de control.

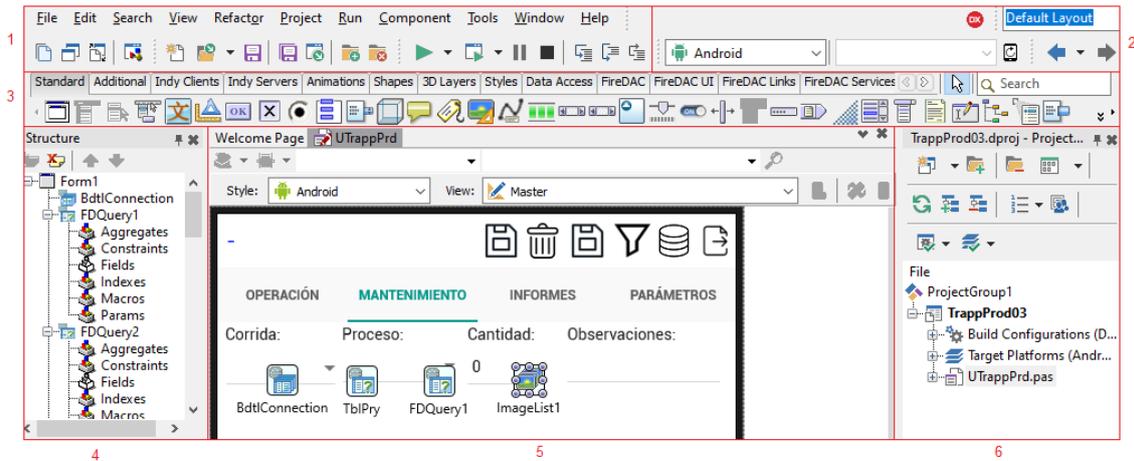


Figura 5. Ejemplo de TrAppiche-Maq en el entorno de desarrollo.

El aplicativo es presentado en las siguientes vistas de usuario: Informes de seguimiento (Figura 6), Informes resumen de operación y del formulario para registrar el mantenimiento (Figura 7) y el formulario para el registro de la operación y la gestión de Parámetros (Figura 8).

Corridas: Opciones: Prod Ambos

1a Listar Registros de Producción

IdRgs.	IdCorr.	Proceso	Fecha	Hora	Valor	Observ.	Us. Nmb.	Us. Apell.	Estado
13	4	Centrifugar	2022/06/14	16:29:15	10	-	urbano	gomez	1
12	4	Sacar Jugo	2022/06/14	16:26:40	3	--	urbano	gomez	1
11	4	Estrusar	2022/06/14	16:23:36	1	Ejemplo	urbano	gomez	1

1b Listar Registros de Inocuidad

#	Par.Act.Id	Par.Id	Parametro	Fecha	Hora	Usr. Id	Nombre	Valor	Estado
4	2	2	Limpieza	2022/06/14	16:29:15	1	urbano	20	1

Figura 6. Informes de seguimiento (Windows).

MAESTROS **INFORMES** OPERAC. MANTEN. EXP. MAESTROS INFORMES OPERAC. **MANTEN.** EXP.

Ciclo: Actividad:

Actividad: Entre: y:

Elemento: Valor: Usuario:

Observación:

Palabra: Entre: y:

Reg: -

#	Cnt.	Fecha
1	2	22/09/09
2	2	22/09/10
3	3	22/09/13
4	4	22/09/14
5	1	22/09/23

Id	Proy.	Elem.	Act.	Usuario	Vlr
1	22/09/12	Compacta...	Limpiar	Claudia	0

Figura 7. Informe del resumen de operaciones y pantalla para registrar mantenimiento (Android).



Figura 8. Registrar producción (Android) y de la opción para Gestionar Parámetros (Windows)

El aplicativo tiene la opción de exportar los datos hacia un archivo de Excel para la generación de futuros informes que no se hayan contemplado hasta el momento.

4 Conclusiones

El aplicativo apoya la trazabilidad en la operación de un equipamiento extractor de jugos de caña para que el productor cuente con las evidencias en inocuidad que lo acerque al aseguramiento de la calidad. Se está trabajando con las comunidades para revisar posibles mejoras en cuanto al aseguramiento de condiciones de operación del equipamiento que homogenicen la producción, de ahí que se debe evaluar el uso de la planta y del aplicativo y por ende desarrollar las mejoras.

La ventaja de generalizar el diseño por puntos de control con sus respectivos parámetros, sin importar el proceso del que se va a tomar registro, es que la aplicación puede ser replicada para llevar control de la operación a otras máquinas que desarrolla el CDT.

En este caso el aplicativo se debe generar para Windows o para Android, por tanto, fue posible aprovechar esta ventaja de Rad Studio, sin perder estabilidad, además su uso permite que para que en una próxima versión se incluyan notificaciones PUSH y servicios REST para conectar varios sistemas basados en el protocolo HTTP que faciliten la sincronización para gestionar copias de seguridad en la nube.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con respecto a la investigación, autoría o publicación de este artículo.

Financiación

Los autores no recibieron apoyo financiero para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

ORCID iD

Urbano Eliécer Gómez-Prada  <https://orcid.org/0000-0001-6780-6648>

Marco Antonio Villamizar-Araque  <https://orcid.org/0000-0001-5240-737X>

Ariel René Carreño-Olejua  <https://orcid.org/0000-0001-8818-565X>

Referencias

- Arévalo-Ascanio, J. G., Bayona-Trillos, R. J. A., & Rico-Bautista, D. W. (2015). El problema de la brecha tecnológica: Un asunto de cultura. *Sinapsis*, 7(7), 43–57.
- Budiyanto, C. (2017). Decision Support Systems Development for an Artificial Insemination Project in Community Based Precision Livestock Farming. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 180, 012242. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/180/1/012242>
- Chen, M., Wichmann, B., Luckert, M., Winowiecki, L., Förch, W., & Läderach, P. (2018). Diversification and intensification of agricultural adaptation from global to local scales. *PLOS ONE*, 13(5), e0196392. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196392>
- DANE. (2016). *Tercer Censo Nacional Agropecuario - Caracterización Productores Residentes*. <https://www.dane.gov.co>
- de Buck, A. J., van Rijn, I., Roling, N. G., & Wossink, G. A. A. (2001). Farmers' reasons for changing or not changing to more sustainable practices: An exploratory study of arable farming in the Netherlands. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 7(3), 153–166. <https://doi.org/10.1080/13892240108438817>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Jacobson, I., Booch, G., & Rumbaugh, J. (2000). *El Proceso unificado de desarrollo de software (RUP)*. Pearson.
- Lazurchak, L., Vdovychyn, T., & Zhydyk, V. (2020). The use of the RAD Studio integrated environment in the future teachers training. *Physical and Mathematical Education*, 2(24), 80–86.
- Santacoloma-Varón, L. E. (2015). Importancia de la economía campesina en los contextos contemporáneos: una mirada al caso colombiano. *Entramado*, 11(2), 38–50.
- Vergara, R., Rodríguez, L., & Alarcón, Y. (2018). Estudio de caracterización de la actividad productiva del sector de la caña panelera en la hoya del río Suárez. *NOVUM*, 8(1), 32–48.