

# RETOS DE INGENIERÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE PIÑA DE ALTA CALIDAD EN EL VALLE DEL CAUCA: EL CASO DE BENGALA AGRÍCOLA

*Engineering challenges in the production of high-quality pineapple in Valle del Cauca region: the case of Bengala Agrícola*

Camilo Franco, Ph.D.<sup>1</sup> y Gustavo Barona<sup>2</sup>

1. Profesor asistente. Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Contacto: c.franco31@uniandes.edu.co

2. Gerente General de Bengala Agrícola. Contacto: gbarona.corp@agroriocas.com

## Resumen

En este artículo se presenta el caso de Bengala Agrícola como un ejemplo de innovación y desarrollo del sector agrícola en el Valle del Cauca que, al mismo tiempo, puede servir como referencia para el establecimiento de nuevos proyectos de agricultura en el país. El análisis de este caso permite ilustrar cómo un agroproyecto debe innovar y competir con calidad y eficiencia en mercados nacionales e internacionales. Del mismo modo, el proyecto de Bengala se ha sustentado en el emprendimiento y la construcción de conocimiento altamente especializado (a lo largo de toda la cadena de valor de la piña), lo cual le ha permitido producir sostenidamente piña de calidad de exportación (variedad MD2) donde antes no se había hecho. Siguiendo este ejemplo, se proponen distintas líneas de trabajo futuro frente a los retos que presenta la agricultura para la ingeniería en el país, con la ambición de construir una *cultura agrícola*, en una relación de educación de doble vía entre agricultores y consumidores.

**Palabras clave:** agricultura, vía de calidad, tecnología, sistemas de información, cultura agrícola.

## Abstract

*In this article we present the case of Bengala Agrícola as an example of innovation and development in the agricultural sector of Valle del Cauca region, which may serve as a new benchmark for agricultural projects in this country. The analysis illustrates how an agricultural project must innovate and compete with quality and efficiency in national and international markets. The Bengala project has developed highly specialized knowledge (across the entire pineapple value chain), steadily producing high-quality pineapple (MD2 variety) in a region where this had never been done before. Following this example, the article presents future lines of work to tackle the different engineering challenges that agriculture still holds for this country, all aimed at continuing to develop an agricultural culture, emphasizing a two-way education process between agricultural producers and consumers.*

**Key words:** agriculture, quality-value chain, technology, information systems, agricultural culture.

## Introducción

Desde hace 100 años, el Complejo Riopaila y Castilla se ha dedicado al cultivo de la caña de azúcar en el Valle del Cauca. Recientemente, con el fin de diversificar su producción y establecer otras alternativas *no-tradicionales* de ingreso, decidió entrar en el mercado frutícola de la piña. Es así como inicia la historia de Bengala Agrícola S.A., creada en 2012 con el propósito de diversificar la producción de caña con cultivos frutícolas.

Bengala ha sido pionera en el establecimiento de cultivos de piña de alta calidad en el país, específicamente de la variedad MD2 –popularmente conocida como *Oro Miel* o *Golden*– que se exporta a mercados europeos, asiáticos, del Medio Oriente y toda América.

En una visita a sus instalaciones analizamos la gestión de sus cultivos y alistamiento de un producto de alta calidad, procesos que le permiten consolidarse como un caso de éxito en la producción y distribución de piña de exportación en Colombia.

La historia de Bengala ha estado marcada por el emprendimiento, un elemento que le ha abierto el camino hacia la innovación y el desarrollo. En este proyecto se destaca una *doble vía de educación*, tanto en la producción como en el consumo, algo muy importante en el sector agrícola. Frente a la producción, el gran reto de Bengala no solo fue aprender a cultivar la variedad MD2 por primera vez en Colombia, sino también replicar la producción a lo largo del tiempo para atender compromisos con mercados internacionales. Por otro lado, Bengala debe hacer un continuo seguimiento de las tendencias actuales de consumo, que apuestan por hábitos de alimentación cada vez más saludables, con la fruta fresca como ingrediente indispensable. De este modo, a partir del estudio y comprensión de los hábitos de consumo de la piña, Bengala toma ventaja y crece de la mano de las preferencias y percepciones de los consumidores. El caso de éxito de Bengala se sustenta entonces en esta doble vía de educación en la que se reconoce que un proyecto de agricultura exitoso no se puede centrar únicamente en la producción o el consumo, sino que debe integrar ambas dimensiones

para que un producto de calidad pueda ser transado de manera eficiente y justa en el mercado.

Con el fin de ilustrar el caso de Bengala, a continuación presentamos una revisión del proceso de producción de piña de calidad de exportación enfatizando en la *vía de calidad*, desde la producción, siembra y cosecha, hasta la distribución y venta de la fruta, como una referencia para el establecimiento de nuevos proyectos de agricultura en el país capaces de competir con calidad y eficiencia en mercados nacionales e internacionales. Posteriormente –con especial énfasis en la doble vía de educación para la agricultura–, se examinan algunos retos relevantes para la ingeniería y la tecnología que surgen en las distintas tareas de gestión del cultivo de la piña, al igual que en la cosecha y poscosecha. Por último, presentamos algunos comentarios finales sobre el desarrollo del agro en Colombia y la necesidad de construir una *cultura agrícola* en el país.

## Producción de piña de calidad de exportación en el Valle del Cauca

En esta sección revisamos el caso de Bengala Agrícola, la producción de piña MD2 en Colombia y los retos que ha enfrentado la empresa en su camino de emprendimiento. Igualmente, se ilustra la cadena de calidad de la piña, desde el establecimiento del cultivo hasta la gestión del producto para su consumo final.

### a. La oportunidad de negocio

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica de Colombia, que permite escalar la producción agrícola durante todos los meses del año, y los patrones de producción anual de piña MD2 en países líderes en su producción (como Costa Rica, Filipinas y Tailandia), Bengala identificó una ventana de oportunidad en el mercado internacional que resultó en una apuesta exitosa de negocio.

La empresa encontró que dichos países abastecen los mercados mundiales de abril a junio, debido a que en esos meses alcanzan una floración natural que eleva la producción hasta en un 15 %. Del mismo modo, vuelven a tener una bonanza entre septiembre y diciembre, con unos niveles bajos de producción entre dichos períodos.



Imagen de un cultivo de piña Bengala en el Valle del Cauca, con la piña en su estado de crecimiento.

Esto permitió encontrar dos ventanas de oportunidad entre los periodos comprendidos entre enero y marzo, al igual que entre julio y agosto; meses en que los mercados mundiales requieren piña de alta calidad y la oferta es insuficiente para suplir la demanda.

#### **b. Constitución de los cultivos**

Bengala inicia la siembra de la piña con un cultivo experimental de 100 ha –en tierras que, en un principio, eran destinadas al cultivo de caña de azúcar–, con semillas certificadas de MD2 provenientes de Costa Rica. Basada en protocolos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), además de la importación de las semillas –y con el propósito de apoyar y acelerar su curva de aprendizaje sobre el cultivo de piña de alta calidad en suelo colombiano– la empresa también importó del mismo país maquinaria para la operación.

Para establecer un cultivo de piña en el Valle del Cauca Bengala debe acondicionar el suelo y lograr un buen balance en su composición química (en la región, el

suelo es por naturaleza ácido pero las necesidades de la piña son distintas. Paradójicamente, esa misma acidez protege las plantaciones de ciertos hongos nocivos). Es entonces muy importante asegurarse de que la plantación tenga en todo momento los nutrientes necesarios para su buen desarrollo y así conseguir un fruto de buena calidad.

#### **c. Recepción de la fruta en la planta**

Como se pudo constatar en nuestra visita a la planta procesadora de Bengala, una vez la piña es cosechada, se prepara siguiendo un protocolo de calidad muy detallado. Para ello, es transportada en bins de 1200 kilos de capacidad desde los cultivos hasta la planta procesadora, en donde es acondicionada para la distribución.

A su llegada a la planta, un grupo de operarios-expertos controla que la fruta en el bin esté en buen estado. Mediante un muestreo aleatorio de cerca de seis unidades, los expertos evalúan la fisiología de cada piña, su forma y aspecto (simetría, si tiene *hombros*, color,



que no tenga golpes), en general, que no esté afectada visible ni tangiblemente y también las examinan por dentro. Esta evaluación de calidad incluye además una evaluación sensorial, de equilibrio agro-bosque, nivel de azúcar, grado Brix, acidez, ph, presión y temperatura.

Si la fruta es aprobada, pasa a un tanque de lavado en donde se limpia y se auto-discrimina la piña traslúcida de la no traslúcida (la traslucidez es un parámetro de calidad sobre la textura interna del fruto. La piña traslúcida flota por su poca densidad).

La piña *buena* entra por la línea/banda mecánica y, después de un análisis fitosanitario en el que se examina que no haya presencia de maleza u organismos extraños y se clasifica para destinar a mercado nacional o internacional (la piña con traslucidez *media* y *media-alta* va al mercado nacional. La otra, al internacional). Las de exportación continúan su camino por la banda hacia la estación de secado y cicatrización, en donde son discriminadas automáticamente según su calibre

o peso. La línea sigue una clasificación automática con sensores que miden el peso, el cual corresponde a determinado calibre en una escala de 5 a 10 en la que un mayor peso, significa un mayor calibre (por ejemplo, el calibre 5 equivale a un peso que varía entre 2,2 y 2,5 kilogramos). Según el calibre asignado, la fruta continúa por carriles independientes hacia la estación de embalaje. Allí, es organizada en canastillas de cartón –previamente ensambladas por Bengala en la misma planta– y cada caja es etiquetada para su despacho al mercado internacional.

Durante todo el proceso, la temperatura de la piña disminuye progresivamente: al ingresar a la pila está a 28° y cuando es lavada, a 22°. Después de la banda de clasificación, llega a las canastillas con 14°, desde donde pasa a una recámara de pre-enfriamiento y en cuatro horas baja a 7°. En ese punto, se traslada a un cuarto frío (con capacidad para almacenar 12 contenedores de 20 ton c/u) y se conserva a 7° dentro de un contenedor listo para ir a puerto.



Operario de Bengala examina el estado de la piña directamente en el cultivo.

#### d. Certificaciones y trazabilidad

Con el fin de gestionar y garantizar la calidad de exportación de la fruta, Bengala cuenta con distintas certificaciones como garantía de la calidad de su producto, entre las que se cuentan la certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA); la *Global Gap*, que certifica buenas prácticas con altos estándares internacionales; y la norma *BASC (Business Alliance for Secure Commerce)*, que garantiza criterios mínimos de seguridad, evitando la contaminación de la carga y maximizando la confiabilidad en el producto. En la actualidad, con el propósito de avanzar en el camino hacia una producción agrícola sostenible, Bengala está en proceso de conseguir la certificación de Comercio Justo (*Fair Trade*) y Huella Hídrica.

La piña está monitorizada desde que ingresa a la planta hasta que sale y llega a su destino. Toda la producción queda registrada y se deja una caja por despacho como testigo. Bengala sigue el trazado del producto desde su registro en el cuarto frío, deja una prueba fotográfica y

fílmica de lo que se carga y emplea un sello satelital hasta el puerto mediante un chip electrónico. De este modo, cada contenedor va equipado con colectores de datos (*data-loggers*) para controlar factores como la temperatura hasta el destino final.

#### Retos para la ingeniería

El caso de Bengala es ilustrativo respecto a los distintos retos que la agricultura propone a la ingeniería. La empresa no solo enfatiza en la doble vía de educación, sino que entiende que un proyecto de agricultura exitoso debe integrar las dimensiones de producción y consumo, y propone el uso intensivo de tecnología de información y el análisis automático de datos. Con esto, apoya las tareas de producción y logística, gestiona un producto de alta calidad de manera eficiente y sostenible y facilita su entrada a distintos mercados internacionales.



Operarios trabajando sobre la banda mecánica, discriminando la piña que va al mercado nacional. Las piñas de exportación continúan por la banda donde sigue su preparación.

#### a. Trazabilidad como parte integral de la logística

Un sistema de trazabilidad bien diseñado permite rastrear y monitorear los productos con todo su historial a lo largo de la cadena de suministro. De esta manera, la trazabilidad puede entenderse como el eslabón de la cadena logística en el que se captura, almacena y transmite información confiable sobre el producto y se informa con detalle sobre su proceso de producción; por ejemplo, que los insumos empleados sean seguros y que la calidad sea la esperada. De este modo, la información generada depende directamente del flujo físico de la mercancía (Bosona & Gebresenbet, 2013).

Uno de los beneficios de tener un sistema fiable de trazabilidad alimentaria es incrementar la satisfacción del cliente. Esto se refleja en una mayor confianza respecto a la disponibilidad del producto en el mercado y de la posibilidad de contar con información suficiente para tomar una decisión de compra, factores relevantes para una gestión oportuna de eventuales crisis alimentarias y para garantizar la seguridad alimentaria.

Como se ilustró anteriormente, Bengala tiene un buen sistema de trazabilidad: cuenta con información relevante sobre el estado y calidad de la piña a lo largo de la cadena de producción y distribución. Además, la empresa ha enfocado esfuerzos en obtener las certificaciones internacionales requeridas para garantizar la calidad de los procesos de producción de piña de exportación, minimizando el riesgo de contaminación y monitorizando de manera continua el estado de su carga por medios electrónicos. Así, es posible garantizar una relación de confianza entre el productor y el cliente, que bien puede ser un distribuidor o una superficie comercial que compra la producción para su posterior venta al cliente final.

De cara al consumo, y examinando con detalle el reto de trazabilidad y la monitorización de la unidad de exportación, es pertinente recordar las preferencias y necesidades del consumidor final y la conveniencia para el productor agrícola de que su producto y origen sean reconocidos por aquel consumidor. En ese sentido,



La piña queda empacada en canastillas como ésta, listas para exportación.

el consumidor podría tomar decisiones informadas si tuviera a su disposición detalles del producto respecto a su frescura y confiabilidad (más allá de las certificaciones), basado en el origen y el proceso de producción y preparación del mismo. De esta manera, el reto es implementar una aplicación o sistema de información en línea que informe no solo sobre la procedencia de la piña, sino que permita saber cuándo se sembró y cosechó, al igual que sus parámetros de calidad de acuerdo con las preferencias locales de consumo.

Así, un sistema de información eficiente permitiría al consumidor tomar decisiones informadas basado en los más sobresalientes atributos del producto. Además, el sistema podría extenderse como una plataforma en línea que posibilite transar el producto directamente entre el agricultor y el cliente final. En términos de la doble vía de educación de la agricultura, una aplicación de este tipo facilitaría la alineación de preferencias de consumo y producción.

Como se mencionó anteriormente, la clasificación de la piña se centra en su calibre (determinado por su peso) y otros atributos como la forma y homogeneidad. Junto con el calibre, el precio de mercado premia también su color basado en las preferencias de consumo. Mientras Bengala se centra en optimizar dichos parámetros de calidad, las preferencias son dinámicas y varían en función de nuevas necesidades y conocimientos sobre

hábitos alimenticios y sus beneficios. Entonces, una aplicación informática que vincule el producto con su origen a lo largo de toda la cadena de calidad y que permita controlar continuamente las preferencias en cada mercado, donde se va a comercializar el producto podría también integrar una pedagogía dirigida al consumidor, indagando sobre su disposición de pago de acuerdo con otros parámetros de calidad, tales como atributos nutricionales (Hossain & Rahman, 2011) ligados a una alimentación saludable, o atributos organolépticos, como el sabor y la textura.

De esta manera, las operaciones logísticas y de gestión del cultivo pueden ser soportadas por un sistema de información que englobe las dimensiones de consumo y producción, permitiendo optimizar las características cualitativas del fruto en función de las preferencias reales de consumo. Esto puede implicar un mayor bienestar para los consumidores y, al tiempo, mayores ganancias para los agricultores.

#### **b. Agricultura de precisión**

Centrándonos en la optimización de la calidad y los múltiples atributos del fruto en el cultivo, es necesario examinar el *paradigma de la agricultura de precisión* (Whelan & McBratney, 2000; Franco *et al.* 2017). Esto es, que el desarrollo sostenible del agro en Colombia sugiere mejorar la producción agrícola en términos de rentabilidad e impacto ambiental, siguiendo una

correspondencia óptima entre la aplicación de recursos y las prácticas agronómicas. Un elemento central de este paradigma es la identificación (automática) de *zonas de gestión* con el objetivo de utilizar los recursos eficientemente en el cultivo de acuerdo con sus necesidades específicas, de la mano de la tecnología y asegurando altos beneficios tras la implementación de prácticas agronómicas adecuadas (eficientes y sostenibles). De esta manera, las zonas de gestión permiten aplicar distintos tratamientos de manera individualizada en función de las necesidades del cultivo y el suelo, discriminando a nivel de planta o del fruto específico, y asegurando la satisfacción de niveles mínimos de calidad, los cuales se corresponden con un mayor precio de mercado.

En el caso de Bengala, los suelos de los cultivos exigen un balance adecuado en su composición química, ofreciendo los nutrientes necesarios para el desarrollo exitoso de la plantación y, por ende, para lograr un fruto de buena calidad. La inversión inicial de Bengala para la preparación del suelo de sus cultivos se estima en 50 millones de pesos. Dicha preparación es uniforme y no tiene en cuenta la variabilidad entre distintas zonas dentro del mismo lote cultivado; pero si se diera un tratamiento diferenciado que ahorre en el uso de fertilizantes y pesticidas, esa inversión inicial podría reducirse si se tienen en cuenta los requerimientos de la piña, la tecnología para fertilizar y prácticas agronómicas sostenibles.

En general, la implementación de técnicas de precisión (a partir de datos de sensores y conocimiento experto) permite optimizar el uso de recursos, obedeciendo a los requerimientos del cultivo en sus distintas zonas de gestión. Es así como estas técnicas permiten la aplicación inteligente de hormonas –necesarias para la polinización artificial de la piña en Colombia–; de fertilizantes como calcio, nitrógeno y fósforo; de pesticidas/protectores para el control automático y preciso de plagas; y la utilización sostenible de recursos naturales como el agua, teniendo en cuenta que mientras en países competidores como Costa Rica llueve 4.000 mm/año, en el sur del Valle y el norte del Cauca llueve entre 1.200 y 2.000 mm/año.

El uso intensivo de tecnología bajo este paradigma de precisión también permite optimizar distintas tareas logísticas y de gestión del cultivo, como la detección de plagas y enfermedades, o decidir el momento adecuado para cosechar teniendo en cuenta distintos parámetros/índices de calidad. De este modo, por medio de métodos no-destructivos y estadístico-computacionales, se puede extraer el conocimiento deseado a partir de datos recolectados sobre el campo mediante el uso de cámaras y sensores. Estos métodos no-destructivos, basados en sensores y aprendizaje computacional (Fernandes et al. 2015), permiten la evaluación automática tanto del cultivo, por ejemplo, mediante mapas de vigor, como del fruto y la estimación de sus parámetros nutricionales y organolépticos de calidad.



La piña debe ser inducida artificialmente para que florezca, y posteriormente es polinizada por los insectos de la zona. Para ello, Bengala utiliza un spray-boom que rocía todas las plantas en un lote. Estos lotes son actualmente las unidades de gestión sobre las que se toman las decisiones a nivel de cultivo.

## Comentarios finales

El desarrollo del agro en Colombia no puede desligarse del contexto social y el bienestar de las comunidades. Por esto, es necesario abordar la consolidación de proyectos agroindustriales inclusivos con la comunidad a partir de estudios de modelos amigables con el pequeño agricultor, algo de gran relevancia si se contempla que una mayor resiliencia de los sectores de la agricultura e inversiones inteligentes en la agricultura a pequeña escala pueden posibilitar un cambio transformador, y mejorar las perspectivas e ingresos de los más pobres, protegiéndolos al mismo tiempo de los efectos del cambio climático (FAO, 2016). Este punto también se enmarca dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por las Naciones Unidas (Unesco, 2017), en particular, el segundo de *hambre cero*, que busca promover la agricultura sostenible en pro de la seguridad alimentaria y el fin de la hambruna.

Es pertinente señalar que condiciones de estabilidad socioeconómica generan confianza y permiten crecer de manera sostenida. Este es un requisito indispensable para desarrollar el campo mediante tecnología y prácticas amigables con el medio ambiente, diseñando mecanismos eficientes para la utilización inteligente de los recursos y la coordinación y motivación de los actores productivos (Agbo et al., 2015; Bogetoft & Olesen, 2007). De cara a la realidad del agro en Colombia y su contexto social, la producción de piña de alta calidad o,

en general, de un producto agrícola para exportación, requiere replicar el proceso productivo, medido por una producción homogénea a lo largo del tiempo (única manera de cumplir con los compromisos contractuales adquiridos). Esta *replicabilidad* se ve claramente favorecida si existen condiciones de confianza y estabilidad socioeconómica, pensando en el establecimiento y la consolidación de un sistema agrícola productivo, eficiente y sostenible, que jalone el crecimiento y la competitividad del sector.

Por lo anterior, es deseable contar con una buena planeación pública que incentive el desarrollo de proyectos agrícolas exitosos en el país, impulsando y guiando al sector agrícola por vías de calidad y desarrollo sostenible. En este sentido, el sector rural colombiano debe modernizarse con buena infraestructura, potencializando los medios de distribución y comunicación que faciliten las labores de logística y una normatividad acorde con la realidad del campo colombiano (ver, por ejemplo, Betancur & Palencia 2018, donde se evalúan distintas estrategias para mejorar la competitividad del campo colombiano con base en la experiencia de países líderes en la exportación de piña MD2). En consecuencia, es necesario construir una *cultura agrícola* que incentive la cooperación entre pequeños y grandes agricultores y que, de manera coordinada, conduzca a una mayor competitividad del sector agrícola colombiano. ●

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- M. Agbo, D. Rousselière, J. Salanié (2015). Agricultural marketing cooperatives with direct selling: A cooperative non-cooperative game. *Journal of Economic Behavior & Organization* 109, 56-71.
- A. Betancur, A. Palencia (2018) Estrategias para la competitividad de la piña tipo exportación en Colombia. <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/397>
- P. Bogetoft, H. Olesen (2007) *Cooperatives and Payment Schemes*. Copenhagen Business School Press, 2007.
- T. Bosona, G. Gebresenbet (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control* 33, 32-48.
- FAO 2016. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 2016.
- A.M. Fernandes, C. Franco, A. Mendes-Ferreira, A. Mendes-Faia, P.L. da Costa, P. Melo-Pinto (2015). Brix, pH and anthocyanin content determination in whole Port wine grape berries by hyperspectral imaging and neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture* 115, 88-96.
- C. Franco, S.M. Pedersen, H. Papaharalampos, J.E. Ørum (2017). The value of precision for image-based decision support in weed management. *Precision Agriculture* 18, 366-382.
- M. Hossain, S. Rahman (2011). Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. *Food Research International* 44, 672-676.
- Unesco 2017. Educación para los objetivos de desarrollo sostenible. Objetivos de aprendizaje. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), París, 2017.
- B.M. Whelan, B. McBratney (2000). The "null hypothesis" of precision agriculture management. *Precision Agriculture*, 2, 265-279.

