

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ ORGÁNICO EN ASOPECAM UNA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES EN EL VALLE DEL CAUCA

Paula Daniela Castro Bueno¹

Verónica Andrea Orozco Noreña²

Director: Nicolás Clavijo Buriticá³

RESUMEN

La planeación de la producción en sistemas asociativos de trabajo dedicados al cultivo, cosecha y transformación de café orgánico, es uno de los retos más significativos para dichos grupos de trabajo. En el presente estudio se aborda este problema desde la aplicación de modelos de programación matemática, atendiendo el proceso desde la selección del grano hasta el empaque del café molido. La investigación se desarrolla en la asociación de pequeños caficultores de La Marina (ASOPECAM), Tuluá, Valle del Cauca – Colombia. El modelo matemático diseñado se fundamenta en el abordaje de variables económicas; así mismo es conducente a proponer una metodología que sirva para apoyar el proceso de toma de decisiones relacionadas con la determinación de cantidades óptimas de producción, lotes, tiempos y costos, de la asociación estudiada.

Palabras claves

Proceso de transformación, Modelo matemático, Tiempo, Costos

INTRODUCCIÓN

El rol del café en la economía mundial ha sido de suma importancia por su participación en mercados internacionales, convirtiéndose desde el siglo XX en producto de consumo masivo en lugares como Europa occidental y Norteamérica.

El avance de la actividad cafetera mundial se ha visto afectado por los mercados altibajos en la oferta, la variación de la demanda y los tres marcados ciclos de precios - determinados por el cambio de los precios mundiales, exceso de acumulación del café, helada en Brasil, que actúan como choques en la economía de los países productores, y generan cambios en la estructura

¹ Estudiante de Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Javeriana de Cali, cel: pcastro16@javerianacali.edu.co

² Estudiante de Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Javeriana de Cali, cel:3217466919, email: vorozco39@javerianacali.co

³ Ingeniero Industrial, Magister en Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial, Profesor Asistente, Calle 18 No. 118-250 Cali, Colombia. Código Postal 76001000 Tel: + (57) (2)3218200 Ext. 8552, nicolas.clavijo@javerianacali.edu.co

productiva del café (Pérez, 2013). Lo anterior, permite catalogar este producto agrícola como una mercancía volátil y obliga a que los países productores sean flexibles, es decir, que puedan implementar cambios rápidamente para no perder posicionamiento en la producción mundial.

Expuesto éste proyecto estuvo orientado a atender la pregunta de investigación: ¿Qué conjunto de enfoques, métodos y herramientas aplicadas permiten planear la producción de café orgánico en la asociación ASOPECAM y tras su validación mejorar su desempeño operativo?

Éste artículo aborda el problema de producción en una asociación de productores de café orgánico denominada ASOPECAM del corregimiento de La Marina - Tuluá (Valle del Cauca, Colombia) dado que no existe una proyección/planeación clara de cuándo y cuánto producir según la demanda por parte de los clientes y la oferta por parte de las fincas. El problema se ha desagregado en cuatro etapas: i) caracterización del sistema actual de producción de la transformación del café orgánico mediante el análisis cuantitativo a fin de identificar variables claves en el sistema de producción. ii) Desarrollo de un modelo matemático mediante programación entera mixta que permita maximizar el beneficio o utilidad. iii) Validación computacional del modelo matemático para definir su aplicabilidad. iiiii) Integración del modelo matemático y otros enfoques teórico-prácticos mediante un método de aplicación que permita definir la metodología para mejorar el desempeño operativo.

Dadas las particularidades de los objetivos se determina que el alcance de la investigación es de tipo correlacional, ya que se asocian variables de tipo dependiente (desempeño operativo) con variables independientes (estado actual, estados futuros, escenarios, períodos productivos, entre otros). Dicha relación entre las variables es cuantificable y medible con indicadores.

Revisión de la literatura

La gestión de la cadena de suministro (SCM, por sus siglas del inglés Supply Chain Management), requiere de la logística que según el Council of Supply Chain Management Professionals, es aquella parte de la cadena de suministro que planea, implementa y controla eficiente y efectivamente el flujo normal y en reversa y almacenamiento de bienes y servicios y su información relacionada entre el punto de origen u el punto final, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente (2004). Además, es un mecanismo de planificación que permite reducir la incertidumbre de la demanda en un futuro, maximizar eficiencia, aumentar rentabilidad y reducir costos.

Dados los objetivos de este proyecto y la problemática a abordar, la metodología propuesta se orientó a la función de transformación y procesamiento de insumos, la cual está proyectada a lograr un producto terminado con el menor costo posible sin dejar a un lado otros factores como calidad y nivel de servicio.

La red de suministro no es ajena a la toma de decisiones, por lo tanto, se cuenta con tres tipos de categorías se distinguen por el tiempo de impacto y desempeñan un papel importante en el éxito o fracaso de una compañía. Además se debe de contar con un balance, por lo tanto, para este caso se realiza uno entre capacidad, inventario y ventas perdidas por tener un amplio tiempo de entrega. Por lo tanto, según Chopra y Meindl (2008) se cuentan con tres estrategias de planeación agregada

para generar un balance. Entre ellas está la *Estrategia de persecución*, es la de *flexibilidad de tiempo de fuerza* donde las máquinas no se utilizan las 24 horas del día, siete días por semana y la *estrategia de nivel*, donde la capacidad de las máquinas y la fuerza de trabajo se mantienen bajo la tasa de producción.

Este proyecto se enfocó en la función de transformación, donde se tienen en cuenta indicadores de la industria como el OEE, en los niveles de ocio productivo, a fin de proponer una metodología que contribuya a que dicho proceso sea eficiente desde una perspectiva de costos y operaciones y que adicionalmente sea medible.

Para evaluar el desempeño operativo de ASOPECAM es necesario el uso de indicadores de desempeño, que sean confiables, sensibles y dependientes como el OEE que es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial y resulta de la multiplicación de tres razones porcentuales, Disponibilidad, Eficiencia y Calidad (ecuación 3).

Ecuación 1. OEE

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad \quad (3)$$

Modelo matemático propuesto

La metodología propuesta considera la formulación de un modelo matemático determinístico de programación entera mixta que considera los siguientes aspectos (cada letra denota el tipo de índice):

Características y supuestos generales

- La demanda es equivalente a las ventas registradas, ya que la asociación no cuenta con históricos de ventas perdidas.
- No se vende producto en grano (pergamino).
- El costo de mano de obra está dado a partir de un costo por hora sin tener en cuenta la carga prestacional.
- Para la restricción de inventario de seguridad la demanda se toma diaria.
- No se consideran devoluciones.
- El costo de mantenimiento de las máquinas se asume como un 80% de la depreciación de las mismas.
- La capacidad se considera igual para cada mes.
- Se asume un modelo “**Make to stock**” (MTS) .

Modelo de minimización:

Índices

i	Medio de producción	$(i = 1,2,3 \dots v)$
j	Tipo de café	$(j = 1,2 \dots n)$

t Periodo de tiempo en meses ($t = 0,1,2 \dots T$)

Parámetros

Los parámetros consideran toda la información (datos) requerida para el desarrollo del modelo propuesto

CO_i Costo de operación de una máquina en la etapa de proceso i . [\$/hr]
 a_{ij} Tiempo de elaboración estándar de un producto tipo j en la etapa de proceso i [hr/lote]
 b_{ij} Tiempo de ejecución requerido de MO por lote del producto j en la etapa i [hr/ lote]
 $Dmin_{tj}$ Demanda requerida. [Kg/ mes]
 SS_j Inventario de seguridad del producto j [Kg/ mes]
 β_j Valor entre 0 y 1 que determina el valor de pérdida de café en el proceso [%/Kg]

Escalares

CUM Costos de mano de obra. [\$/hr]
 CF Costo fijo de la planta. [\$/mes]
 CM Costo de mantener producto [\$/mes]
 Cd Capacidad disponible de la maquinaria [hr/año]
 Kd Capacidad disponible del recurso mano de obra [hr/año]

Variables

x_{jt} Cantidad a elaborar del producto tipo j en el periodo de tiempo t . [Kg/mes]
 xx_{jt} Cantidad efectiva de café para la venta en el periodo de tiempo t . [Kg /mes]
 Inv_{jt} Inventario de producto j en la planta al final del periodo de tiempo t . [Kg /mes]
 $cpro$ Costo de producción [\$/mes]
 $cinv$ Costo de inventario [\$/mes]

Función Objetivo

La función objetivo, ecuación (7), considerada es minimizar costos de transformación del grano del café, la cual incluye costos fijos de operación de la planta de transformación (servicios, seguridad y arrendamiento), también se consideran los costos de operación de máquina y mano de obra; así como los costos de penalización por exceso de contaminantes.

Ecuación 2. Función objetivo

$$\begin{aligned} \text{Min } CT = & \sum_t^T \sum_j^n Inv_{jt} * CM_t + \sum_t^T \sum_i^v \sum_j^n a_{ij} * x_{jt} * CO_i \\ & + \sum_t^T \sum_i^v \sum_j^n b_{ij} * x_{jt} * CUM + CF \quad (7) \end{aligned}$$

Es necesario agregar restricciones del sistema actual con el fin de modelar de mejor manera la realidad operativa del sistema de producción. La ecuación número 8 determina la cantidad efectiva de café⁴ para la venta debe de ser menor o igual a la demanda estimada en cada periodo t .

menor o igual a la demanda estimada en cada periodo t .

Ecuación 3. Restricción cantidad efectiva de café

$$xx_{jt} \leq Dmin_{jt} \quad \forall j, t \quad (8)$$

La restricción (9) que determina que el tiempo de elaboración de los productos j sea menor a la capacidad disponible en horas de la maquinaria por cada mes.

Ecuación 4. Restricción capacidad disponible de máquinas

$$\sum_j^n \sum_i^v a_{ji} * x_{jt} \leq Cd \quad \forall t \quad (9)$$

También se debe de asegurar que el tiempo requerido de mano de obra por unidad de producto j sea menor a la capacidad mensual de mano de obra, por lo tanto, se agrega la siguiente restricción

Ecuación 5. Restricción mano de obra

$$\sum_j^n \sum_i^v b_{ji} * x_{jt} \leq Kd \quad \forall t \quad (10)$$

La restricción (11) asegura el balance de Inventario donde los productos j en un periodo t son igual al inventario a la mano, más la producción del periodo t .

Ecuación 6. Balance de inventario

$$Inv_{jt} = Inv_{jt-1} + xx_{jt} - Dmin_{jt} \quad \forall j, \forall t \quad (11)$$

⁴ Cantidad de Kg al final del proceso de transformación

Con el fin de tener un control de la cantidad de café a producir, se debe de tener en cuenta la merma que presenta cada uno de los tipos de café, por lo tanto, se desarrolla la siguiente ecuación

Ecuación 7. Porcentaje de disminución

$$xx_{jt} = x_{jt} * \beta_j \quad \forall j, \forall t \quad (12)$$

Adicionalmente se cuenta con un inventario de seguridad, como se observa en la ecuación 14

Ecuación 8. Restricción inventario de seguridad

$$Inv_{jt} \geq SS_j \quad \forall j, \forall t \quad (13)$$

Finalmente se presenta la restricción que determina la cantidad mínima a vender,

Ecuación 9. Cantidad mínima a vender

$$xx_{jt} \geq 12 \quad \forall j, \forall t \quad (14)$$

Un factor característico de la producción de café en ASOPECAM es el porcentaje de pérdida (durante dicho proceso, por lo tanto, se considera como un factor importante que debe de ser cuantificado y es el resultado de la diferencia entre la ecuación 16 y 17.

Ecuación 10. Costo de inventario

$$cinv = \sum_t^T \sum_j^n Inv_{jt} * CM_t \quad (15)$$

Ecuación 11. Costo de producción

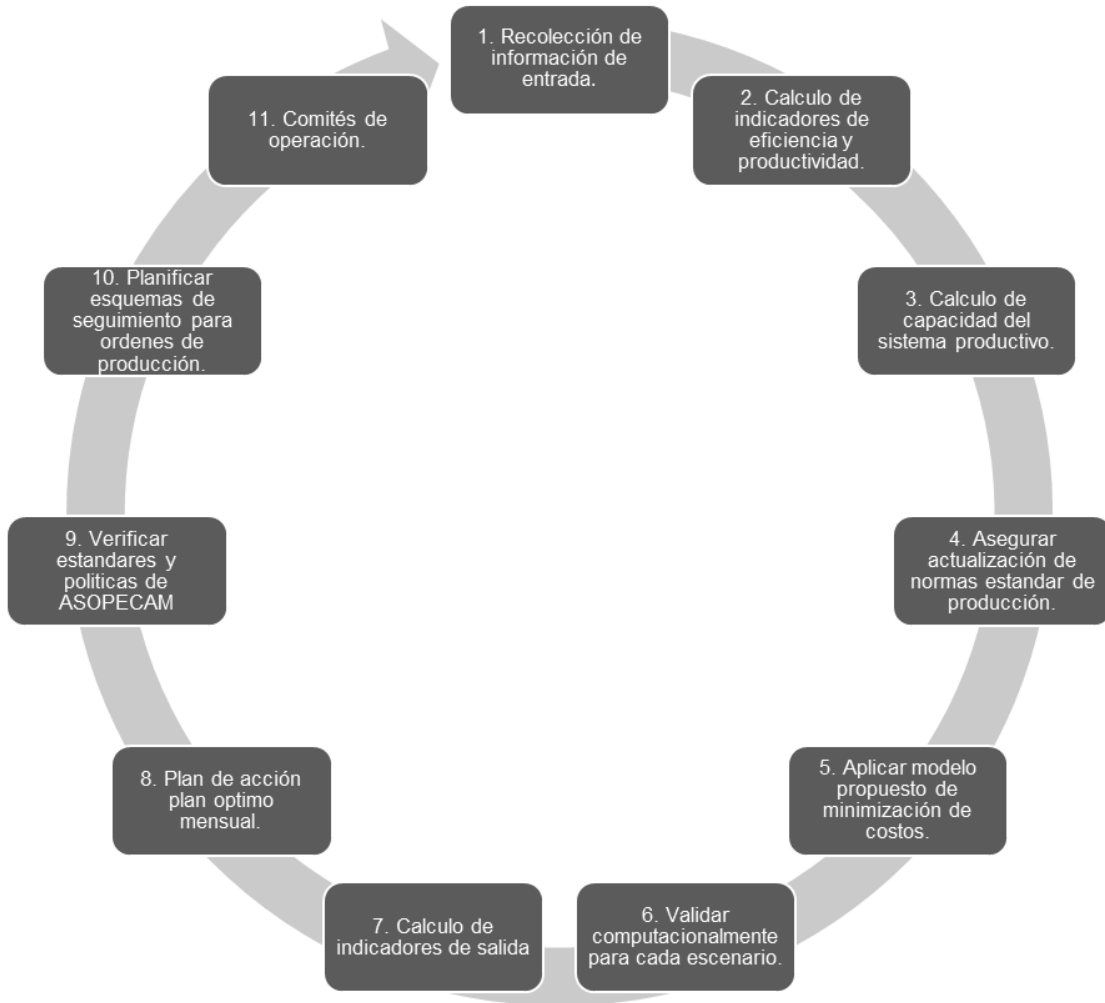
$$cpro = \sum_t^T \sum_j^n \sum_j^n a_{ij} * x_{jt} * CO_i + \sum_t^T \sum_j^n \sum_j^n b_{ij} * x_{jt} * CUM \quad (16)$$

Resultados

METODOLOGÍA PROPUESTA

Considerando el proceso de caracterización, diagnóstico, modelamiento y experimentación del sistema de producción de ASOPECAM, se proponen los siguientes supuestos:

- Se debe determinar una política de planeación donde se dé inicio en cero.
- Se contempla planeación agregada y no programación detallada de producción.
- El comité es el encargado de establecer los objetivos y realizar el seguimiento.
- Antes de dar inicio a dicha metodología, los datos paramétricos deben de estar ajustados a la realidad.
- Los parámetros como capacidad de mano de obra y de máquina, deben de tener característica de disponibilidad ya que de lo contrario no se podrá ejecutar dicha metodología.



BIBLIOGRAFÍA

- Akaki, P. P. (2007). Las transformaciones institucionales en la producción y comercialización internacional del café en el siglo xx e inicios del xxi. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 38(150), 107-132.
- ASOPECAM. <http://www.asopecam.com/>
- Beltran, A. Cobo, C.E. Restrepo, C. A (2014). Investigación en la administración y redes globales de conocimiento. Universidad del Valle.
- Council of Supply Chain Management Professionals. <http://www.cscmpspain.org/>
- Cruelles, J. A . (Marcombo.). (2012). Productividad e incentivos: cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. Barcelona: Zadecon.
- Chopra, S. y Meindl, P. 200verde8 *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación*. México, D.F.: Pearson Educación, c2013
- Kalenatic, D., Amilcar, C. & González, L.J. (2010). Modelo de medición, análisis, planeación y programación de capacidades en un contexto de múltiples criterios de múltiples criterios de decisión.
- Echeverry, C. & Montánchez, D. (2016). *Propuesta integral para el mejoramiento del sistema de abasto de una asociación dedicada a la producción-distribución de café orgánico mediante métodos cuantitativos en el marco de la gestión colaborativa de la cadena de suministro* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.
- Gómez, J, M. (2013). *Gestión logística y comercial*. Barcelona, España: McGraw-Hill
- Gómez, R. Correa, A. Vásquez, L. *Logística inversa, un enfoque con responsabilidad social empresarial*. (2012). ISSN 1900-0642
- Garza, R. Modelo matemático para la planificación de la producción en la cadena de suministro. (2004). *Ingeniería Industrial*, 25(2), 26-29.
- Lakhal, Salem Y., Souad H'Mida y M. Rafiqul Islam. (2007). Green supply chain parameters for a Canadian petroleum refinery company. *International Journal of Environmental Technology and Management* 7(1-2): 56-67.
- López, É. C., & Caamal C. I. (2009). Los costos de producción del café orgánico del estado de Chiapas y el precio justo en el mercado internacional. *Production costs of organic coffee in the state of Chiapas and its fair price on the international market.*, 2(1), 175-198.
- Martínez, C., (2011), Estadística básica aplicada. Cuarta edición. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Mora, L. A. (2010). *Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos* (Vol. 1a ed). Bogotá: Ecoe ediciones.
- Niebel, B. W y Freivalds. A. (2014). *Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F: McGraw-Hill Education.

- Marin, J & García, J. Cálculo de indicadores productivos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Valencia.
- Organic Agriculture. <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>
- Osío, R. *Los alimentos orgánicos ¿Salvación o capricho?* (2011). [Article]. *Debates IESA*, 16(1), 72-76.
- Perales, A., Loli, O., Alegre, J., & Camarena, F. (2009). Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja. *Ecología Aplicada*, 8, 47-52.
- Pérez, J. A. (2013). *Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia*. Bogotá, Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Ramos, A. Sánchez, P. Ferrer, J. Barquín, J. Linares, P. (2010). Modelos matemáticos de optimización. Madrid. Universidad Pontificia Comillas.
- Renard, M.-C., & Loconto, A. (2013). Competing Logics in the Further Standardization of Fair Trade: ISEAL and the Símbolo de Pequeños Productores. *International Journal of Sociology of Agriculture & Food*, 20(1), 51-68.
- Rincón, D. & Ríos, M. (2016). *Propuesta de un sistema integrado de medición para la gestión de la red de suministro de una asociación dedicada a la producción y distribución de café orgánico*. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.
- Romero, O., Muñoz, D., y Romero, S. (2006). *Introducción a la ingeniería: un enfoque industrial*. México, D.F: International Thomson Editores.
- Sipper, D., & Bulfin, J. R. L. (2009). Planeación agregada., Planeación y control de la producción. (pp. 175-217). México, D.F., MX: McGraw-Hill Interamericana.
- Samper, M. Topik, S. (2012). *Crisis y transformaciones del café*. Bogotá, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana
- Serna, M.A., Jaimes, W. A., & Cortés, J. Z. (2010). *Gestión cadena de abastecimiento - logística con indicadores bajo incertidumbre, caso aplicado sector panificador Palmira*. *Ciencia e ingeniería neogranadina*, 20(1), 97-115.
- Tapia, E. Q., & Salvatierra, J. S. (2010). Al Encuentro con su grandeza. *Agro Enfoque*, 24(171), 62-65.
- Toro, F.J. (2010). *Ciencias Administrativas: Herramientas para la producción*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Torres, M. C. Escalante, A. E. Olivares, E. & Pérez J. C. (2016). Talento verde y cadenas de suministro verdes: ¿existe una relación significativa? *Nova Scientia*, N° 16 Vol. 8 (1), pp: 421 - 45.
- Vargas, L. D. (Mayo, 2016). Logística con responsabilidad social. *Revista de logística*. (33), p. 46.
- Vidal, C.J.(2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Watson, K., & Achinelli, M. L. (2008). Context and contingency: the coffee crisis for conventional small-scale coffee farmers in Brazil. *Geographical Journal*, 174(3), 223-234. doi:10.1111/j.1475-4959.2008.00277.x