

Artículo No. 09. Ramírez et al (2017). Variables que Influyen en la Programación de la Recolección Manual de Café en Zonas con Pendiente de Inclinación Superior a 20 %. Semilleros 4 (8), 106-117

VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA PROGRAMACIÓN DE LA RECOLECCIÓN MANUAL DE CAFÉ EN ZONAS CON PENDIENTE DE INCLINACIÓN SUPERIOR A 20 %

INFLUENTIAL VARIABLES IN THE SCHEDULING MANUAL HARVESTING OF COFFEE ON AREAS WITH A SLOPE ABOVE 20 %

Ramírez V. Vanesa.¹, Aguirre C. Diana M.²

Resumen. A partir de una revisión sistemática de la literatura y de un acercamiento con los caficultores del Departamento de Caldas, el presente documento identifica las variables que deben ser tenidos en cuenta en la programación de la recolección manual del café, en zonas con pendiente de inclinación superior a 20 %, cuando se busca la reducción de los costos de la recolección y la mejor calidad del grano de café. El documento muestra la importancia de sector cafetero en Colombia, una descripción del proceso de programación de la recolección manual de café y la problemática actual del sector. Posteriormente se expone la metodología y los resultados de la revisión sistemática de literatura realizada, para finalizar con la descripción de las variables identificadas en el estudio.

Palabras Clave. Programación, Recolección, Variables, Pendiente.

Abstract. Based on a systematic review of literature and a rapprochement with the coffee growers of the Department of Caldas, the present document identifies the variables which must be considered into the scheduling of the manual harvesting of coffee in zones above 20 % slope when the harvest cost-reduction and the best coffee bean quality are sought. The document shows the importance of the coffee sector in Colombia, a description about the process of the manual harvesting of coffee and the current sector problematic. Later, the methodology and the results obtained of the systematic review of literature are exposed, to conclude with the description of the variables identified in the study performed.

Key Words: Scheduling, Harvest, Variables, Slope.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país líder en la producción de café (FNC, 2010 - 2014), ubicándose entre los 3 primeros productores a nivel mundial con 13,5 millones de sacos (un saco de café equivale a 60 Kg) al año, superado únicamente por Brasil y Vietnam, países que producen 43,2 y 27,5 millones de sacos respectivamente (International Coffee Organization [ICO], 2016). La

¹Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial, Manizales, Colombia. vramirezv@unal.edu.co

calidad del café colombiano es resultado de una combinación de factores climáticos, geográficos y de las prácticas de siembra, recolección y beneficio que han sido implantadas en el país. Entre las condiciones climáticas y geográficas que afectan la cosecha y dan características únicas al café, se cuentan la altura entre 1.200 y 1.800 m.s.n.m., temperaturas entre los 17 y 23 grados centígrados y precipitaciones cercanas a los 2.000 milímetros anuales, distribuidas a lo largo del año (FNC, 2010), las cuales existen en varios departamentos de Colombia.

Entre las prácticas más relevantes para este estudio, se destaca la recolección manual del grano, que en Colombia es del 100 %, debido a que, la mayoría de las zonas cafeteras del país, se encuentran ubicadas en regiones con pendiente de inclinación superior a 20 % (Figura 1), condición que dificulta, en extremo, la mecanización.

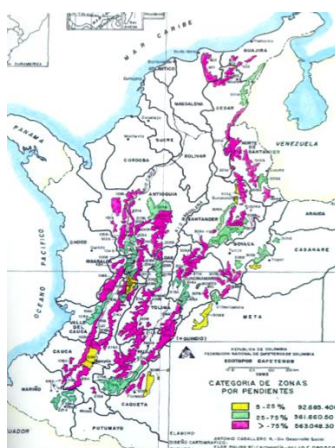


Figura 1: Categoría de zonas por pendiente de inclinación del terreno en Colombia. Fuente: FNC (1993)

Esta condición impacta la relevancia social del café, ya que el sector cafetero genera “uno de cada 3 empleos rurales, ocupando a 560 mil familias y permitiendo que dos millones de personas vivan directamente de la producción de café, con 631 mil empleos generados al año” (Cano et al., 2012, p. 14).

Debido a la importancia de la actividad de recolección manual de café en Colombia, el objetivo principal del presente trabajo consiste en la identificación de las variables que afectan la recolección manual de café, clasificándolas entre variables dependientes e independientes. Este documento, comienza con la descripción del proceso de recolección manual de café, posteriormente se mostraran los resultados de las entrevistas con los cafeteros, adicional a esto, se describirán y analizarán los resultados obtenidos desde la revisión sistemática de literatura, para detectar las variables importantes. Por último, se identificarán las variables involucradas en el proceso, para culminar con unas conclusiones del presente documento.

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES INFLUYENTES EN LA PRÁCTICA ACTUAL DE LA PROGRAMACIÓN DE LA RECOLECCIÓN MANUAL DE CAFÉ

Con el fin de identificar las variables que influyen en la programación de la recolección manual de café, en la actualidad, se realizaron dos acciones: la observación directa del proceso de programación de la recolección manual de café en una finca cafetera, y la

aplicación de una entrevista a un grupo de caficultores con el fin de detectar sus preocupaciones frente a la misma. Los resultados de estas acciones se describen a continuación:

Descripción del Proceso de Programación de la Recolección Manual de Café

El Departamento de Caldas cuenta con 25 municipios cafeteros, que registran cerca de 74 mil hectáreas sembradas en café en más de 43 mil fincas pertenecientes a 34 mil caficultores que representan el 6,2 % de los productores del país (FNC, 2014). El cultivo de café representa el 49 % de la actividad productiva del Departamento de Caldas (Gobierno de Caldas, 2016). Dada la importancia del café para el departamento de Caldas, se eligió como zona de estudio para obtener la información necesaria para el presente documento.

Con el fin de observar el proceso de programación de la recolección manual de café, se eligió una finca del Departamento de Caldas, en la que se han cultivado cerca de 28 hectáreas de café. El proceso observado se describe a continuación:

El proceso de recolección manual de café, comienza con el cálculo del número de recolectores requerido, para lo cual, el administrador de la finca realiza una observación del estado del cultivo. En donde observa variables como la altura de los árboles, la pendiente de inclinación del terreno y la cantidad de café por árbol. Estas actividades se realizan con una periodicidad semanal y el personal varía de acuerdo con la cantidad de café a recolectar. Una vez el personal se encuentra en la finca, el administrador distribuye los lotes a recolectar por cada grupo, teniendo como criterios sus conocimientos previos. Una vez asignados los lotes, se delega a cada recolector un surco de café, esto es, una hilera sembrada de café; esta distribución se realiza aleatoriamente.

La labor de recolección es realizada por cada recolector con base en su experiencia previa, no existe un método recomendado y no se hace entrenamiento por parte de la unidad productiva para este fin. En su mayoría, se observó que, en primer lugar, recolectan una cara de todos los árboles del surco, posteriormente, se devuelven recolectando la cara opuesta de cada árbol; esta recolección la realizan, iniciando desde la base de cada rama hacia las puntas.

Para garantizar la calidad del grano, el administrador exige al personal que no recolecte granos de café verde ni hojas, que recoja la totalidad de los granos maduros en el árbol y que evite dejar granos en el suelo. Los *agregados*, realizan un repaso del lote, para verificar el cumplimiento de estas normas, y, a su vez, el administrador revisa el trabajo de los *agregados* para que se lleve a cabo correctamente.

Al final de la jornada se pesa el café recolectado, con el fin de establecer el pago al personal, ya que, en Colombia, esta actividad se paga por destajo, es decir, de acuerdo con lo que coseche diariamente. El precio por kilo es fijado por el administrador al inicio de la semana con base a su conocimiento; cada lote varía en precio de acuerdo con las condiciones.

Entrevistas a Productores de Café

Se realizaron entrevistas a 7 cafeteros del Departamento de Caldas, con el fin de detectar los principales problemas con los que se encuentran en la actualidad. Los 7 agricultores manifiestan que la mayor preocupación es la recolección manual del fruto, ya que, en su concepto, representa entre el 50% y el 70% de los costos totales de la producción del café. Esto es coincidente con lo mencionado por Duque y Cháves (2003), para quienes la viabilidad económica del negocio cafetero está determinada, en gran parte, por la recolección del fruto,

actividad a la que asignan una participación entre el 35 y 40% de los costos totales de producción, lo que indicaría que los costos de recolección han tenido un incremento, lo que sería atribuible a los costos de mano de obra.

Los entrevistados coinciden en que cada día es más complicado encontrar personal para realizar esta labor, por lo que han tenido problemas en el momento de contratar la mano de obra para recolectar el grano. Adicionalmente, se encontró, en dos importantes publicaciones periódicas del país, la noticia de la crisis que afronta actualmente el sector cafetero, debido a la escasez de mano de obra para recolectar el fruto (El Espectador, 2016; Portafolio, 2016).

Como se desprende de lo descrito, la programación de la recolección de café en Colombia está fuertemente influenciada por la experiencia de los administradores de las fincas, lo que significa que, el éxito de una de las actividades que mayor impacto tiene en el costo final de la operación, depende de su juicio, el cual no ha sido explicitado o sistematizado con el fin de hacerlo reproducible o evaluable.

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES INFLUYENTES EN LA PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN DOCUMENTADAS EN LA LITERATURA

Metodología de Revisión Sistemática de Literatura

La metodología que se siguió en la revisión sistemática de literatura comienza con la definición de una ecuación de búsqueda que fue utilizada en las bases de datos WEB OF SCIENCE y SCOPUS. Adicionalmente, se consultaron las investigaciones que se han realizado en el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) sobre el tema.

Definición de la Ecuación de Búsqueda

En la base de datos WEB OF SCIENCE, se realizó una búsqueda el 01 de Enero del 2017, a partir de la expresión “labor or staff or work or crew or shift or operatio* or "human resorc*” y “scheduling or assignment or modeling or planning”, a partir del título, y en todo el documento con las palabras “Agri* or farm or land or plantation or coffee or harvest”, de la cual se obtuvieron 407 artículos.

Adicionalmente, se definió la ecuación de búsqueda desde el título de “labor or staff or work or crew or shift or operatio* or "human resorc*” y de “scheduling or assignment or modeling or planning”; desde el título, resumen y palabras claves, se definieron las palabras “Agri* or farm or land or plantation or coffee or harvest”, esta búsqueda se realizó el 29 de Marzo del 2017 en la base de datos SCOPUS, con un total de 415 artículos encontrados.

Al cruzar los resultados de ambas búsquedas, se encontraron 130 artículos repetidos, por lo que en total se consideraron 692 artículos, de los cuales no fue posible encontrar 6. Con el fin de enfocar la revisión, se analizaron los títulos, resumen y palabras claves, de los 686 artículos finales, y se clasificaron como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de la principal ecuación de búsqueda. Fuente: Elaboración propia

Clasificación de artículos	Total
Muy relevantes	19
Medianamente relevantes	33
No relevantes	634
No encontrados	6
Total	692

Los artículos que se identificaron como muy relevantes, son los que se centraron en el tema de programación de recursos o actividades, en la agricultura, estos artículos se analizarán en el siguiente apartado. Los que se identificaron como medianamente relevantes, son las investigaciones que pueden dar alguna idea sobre las variables a investigar, pero no tienen un aporte significativo para el presente proyecto. Los artículos no relevantes son los que no tienen aporte al proyecto y tratan temáticas muy diferentes a las actualmente investigadas.

Literatura Encontrada en el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)

Con el objetivo de identificar las investigaciones que se han adelantado en el país en el tema de este documento, se consultó la biblioteca del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), entre cuya producción se identificaron 4 artículos que tratan la mano de obra, 3 que incluyen la pendiente de inclinación y 20 que se enfocan en herramientas o métodos para obtener el grano del árbol de café. Como se puede observar el tema específico de recolección de café ha sido bastante estudiado, enfocado principalmente en la recolección del fruto directamente en el árbol.

A Partir de la Revisión de las Bases de Datos SCOPUS y WEB OF SCIENCE

A partir de la lectura de los 19 artículos clasificados como muy relevantes (Tabla 1), se realizó una identificación de las variables consideradas en los objetivos y metodologías aplicadas en las investigaciones documentadas, como se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2: Autores que han investigado sobre programación o planeación de recursos o actividades, enfocadas directamente a la agricultura y las variables que incluyeron en su investigación. Fuente: Elaboración propia

Autores	Variables
Wijngaard (1988)	Objetivo: minimización del costo. Variables independientes: el número de puestos de trabajo, los equipos y hombres disponibles y las propiedades de los materiales (estos últimos están relacionados con el clima).
Thangavadivelu y Colvin (1997)	Objetivo: viabilidad de llevar a cabo el trabajo. Variables independientes: humedad del suelo, características de la maquinaria, clima.
Joannon et al. (2005)	Objetivo: determinar el margen de maniobra. Variables independientes: maquinaria, personal, carga de trabajo, clima, días disponibles, la escorrentía del suelo y la erosión.
Sørensen y Nielsen (2005)	Objetivo: cuantificar los recursos e insumos necesarios, con el objetivo de reducir los insumos de mano de obra, energía, costos y la emisión de CO ₂ . Variables independientes: maquinas, mano de obra, condiciones de la operación, consumo de combustible, tiempo, área cubierta, profundidad de trabajo, velocidad de trabajo, revoluciones del motor, semillas y fertilizantes aplicados, tratamientos previos, tipo de suelo y condiciones meteorológicas.
Weintraub y Romero (2006)	Objetivo: análisis de literatura. Variables independientes: incertidumbre, factores ambientales, riesgo, procesos de crecimiento y recolección, relación entre los procesos de producción y las cuestiones generales ambientales, económicas y sociales.
Guan et al. (2008)	Objetivo: desarrollar un flujo de trabajo óptimo. Variables independientes: maquinaria, mano de obra, características de la operación, clima, tiempos de trabajo y descanso.
Ferrer et al. (2008)	Objetivo: reducción de costos operativos y la mejor calidad del fruto. Variables independientes: condiciones del cultivo (bloques), mano de obra, maquinaria, características de la operación, decisiones de enrutamiento, madurez óptima de la uva, tiempo, clima.
Arnaout y Maatouk (2010)	Objetivos: reducción de costos operativos y la mejor calidad del producto final. Variables independientes: condiciones del cultivo (bloques), mano de obra, características de la operación, capacidad de la bodega.
Da Silva et al. (2011)	Objetivo: determinar los turnos de trabajo de los operadores de equipos agrícola y evitar la pérdida de calidad del producto. Variables independientes: necesidades de molienda, el riesgo de falta de material, el límite permitido de horas de trabajo, maquinaria, vehículos, tiempos de operación, características de la operación, condiciones del mantenimiento.
Ruiz-Torres et al. (2012)	Objetivo: planificación táctica de operaciones. Variables independientes: limitaciones de capacidad de la tierra, la fuerza de trabajo y la demanda, el rendimiento y variabilidad de los precios, tiempo de espera entre la siembra y las condiciones de producción de cada tipo de flore
Bochtis et al. (2013)	Objetivo: planificación de operaciones secuenciales de múltiples campos. Variables independientes: tiempos de configuración, tiempos de trabajo, campo, cultivo, maquinaria, tiempos de desplazamiento, tiempos de pacas y cargue, numero de pacas.
Wishon et al. (2015)	Objetivo: determinar el número apropiado de trabajadores para plantación y cosecha. Variables independientes: manos de obra, condiciones del cultivo, superficie, costo de las operaciones de un cultivador, clima.
Ooster et al. (2015)	Objetivo: analizar modelos de gestión de manos de obra. Variables independientes: mano de obra, habilidades de trabajadores, rendimiento de los cultivos, las frecuencias de operación del cultivo, la población de trabajadores / máquinas y la disponibilidad de trabajadores / máquinas, curvas de aprendizaje, tiempo de trabajo, tiempo de transporte, tiempo de traslapo del transporte y la acción de doblar o desunir, número de tallos procesados.
Pathumnakul y Nakrachata-Amon (2015)	Objetivo: analizar la aplicabilidad de la investigación de operaciones, para obtener mayor calidad y menores costos de producción. Variables independientes: enrutamiento de la maquinaria, fusión de campos, fuerza de trabajo, características de las operaciones, estacionalidad del producto, incertidumbre rendimiento de la producción, La variación en la calidad del producto.
Sopegno et al. (2016)	Objetivo: modelo para predecir el costo de las operaciones en el campo y del transporte para múltiples cultivos. Variables independientes: manos de obra, maquinaria, tiempo, distancia entre campos, velocidad de trabajo, costo de combustible, reparación, mantenimiento y mano de obra.
Engler et al. (2016)	Objetivo: desarrollar modelos aplicables para mejorar las operaciones mecanizadas. Variables independientes: consumo de tiempo, productividad y costos de operación, mano de obra, maquinaria, condiciones del terreno, costo de mano de obra, características de la operación, estrés humano.
Fulin et al. (2016)	Objetivo: desarrollar y perfeccionar la teoría de la demanda de trabajo, la estimación y la mano de obra rural excedente en la industria de la siembra. Variables independientes: nivel de mecanización, áreas cultivadas, manos de obra, estructura de la plantación.
Monjezi et al. (2016)	Objetivo: desarrollar una solución de programación de proyectos de producción. Variables independientes: operaciones, racionamiento.
Cunha et al. (2016)	Objetivo: evaluar la utilización de la metodología de superficie de respuesta. Variables independientes: velocidad de operación, la longitud media de las filas de café y la pendiente de las áreas, maquinaria, tiempo requerido.

A partir de esta búsqueda, se puede observar que el tema de la programación de operaciones o recursos en la agricultura, ha sido de interés para diversos investigadores.

El principal objetivo del 57 % de las investigaciones analizadas en la tabla 2, es la optimización de las operaciones, seguido por la reducción de costo, con una participación del 42 % entre las contribuciones consideradas. La calidad del producto, es el foco de autores como Ferrer et al., (2008); Arnaout y Maatouk, (2010); Pathumnakul y Nakrachata-Amon, (2015), ya que sus estudios se centran en productos que necesitan óptimas condiciones del fruto, para continuar con el proceso productivo. Se puede observar en el análisis realizado, que la mano de obra es fundamental entre las variables a considerar en las investigaciones, debido a que un 68,4 % de estos investigadores la han incluido en sus estudios.

En la totalidad de los estudios analizados, se puede detectar que la forma en que realizan las operaciones estudiadas y las condiciones del cultivo, siempre están presentes como pilar de la investigación. Adicional a esto, se encontró que el clima ha sido incluido por el 42 % de los autores en sus investigaciones. Por último, se quiere destacar el estudio que realizó Cunha et al. (2016), el cual incluye la pendiente de inclinación del terreno, pero únicamente como restricción para la operación de mecanizado.

A Partir de la Búsqueda de Literatura en el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé):

La revisión de la investigación local en el sector cafetero, ha permitido encontrar estudios que tratan el recurso humano como prioridad en la recolección de café. Duque (2005), desarrolló un estudio enfocado a la caracterización del personal que realiza la operación de recolección del fruto. Así mismo, Duque y Dussán (2004), realizaron un estudio para evaluar el impacto de la forma de pago sobre la productividad de la mano de obra en la recolección del café. De igual manera, la FNC (2001), adelantó un estudio para generar indicadores de medición de diferentes actividades, entre las cuales, la recolección de café toma gran relevancia. Los estudios mencionados, muestran que el personal para la recolección manual de café ha sido estudiado y se han realizado investigaciones para identificar las ineficiencias en la mano de obra, pero hasta el momento no se han detectado estudios que conlleven a una optimización de este recurso que impacta directamente la actividad de recolección de café.

De otro lado, autores como Villegas et al. (2005), Martínez et al. (2005) y Castañeda et al. (2014) han encontrado que la pendiente de inclinación impacta directamente el proceso de recolección manual de café. Sin embargo, no se encontraron evidencias de que esta variable se haya incluido dentro de estudios enfocados a la optimización, programación, planeación o mejora del proceso.

La mayor parte de los estudios adelantados desde Cenicafé, se enfocan en el desarrollo de herramientas y métodos para mejorar la recolección del grano de café, pero se centran específicamente en la obtención del fruto del árbol, y no son relevantes para el presente documento.

VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA PROGRAMACIÓN DE LA RECOLECCIÓN MANUAL DE CAFÉ EN ZONAS CON PENDIENTE DE INCLINACIÓN SUPERIOR A 20 %

Como se puede observar en las investigaciones mencionadas en la tabla 2, la programación adecuada de recursos genera en su mayoría un impacto o reducción de los costos de las operaciones, además, dependiendo del cultivo que se estudie, la calidad del producto es una variable fundamental en los resultados operacionales, con base en esto, se plantean unas variables dependientes y unas independientes. Las variables independientes fueron las identificadas como las causas o factores que afectan directamente el proceso de recolección manual y las variables dependientes son las que se ven afectadas o tienen consecuencias por

las modificaciones en las variables independientes. Esta clasificación se realiza con el fin de identificar que variables afectan el proceso de recolección manual de café y qué impacto tienen sobre los resultados esperados en el proceso. Las variables identificadas se muestran a continuación:

– **Variables dependientes:** se determinan como variables dependientes los costos de la actividad de recolección manual de café y la calidad del grano de café recolectado, con base en el análisis del proceso que se realizó en campo y con el soporte de la literatura analizada en la tabla 2. Se pudo observar en las reuniones con los caficultores, que el costo de esta operación es representativo en todo el proceso y que la calidad del grano de café, es fundamental para poder realizar un buen producto final.

– **Variables independientes:** como variables independientes, se determinan las involucradas en la programación de la recolección manual de café, que se identificaron hasta el momento como los siguientes:

- **Condiciones del cultivo:** de las principales condiciones del cultivo se detecta la pendiente de inclinación del terreno, como lo menciona Castañeda et al. (2014), la condición de pendiente de inclinación del terreno, afecta significativamente la recolección de café, ya que el impacto en el proceso, es distinto si se recolecta en un terreno con pendiente de inclinación de 25 % o de 75 %. Esta variable no se encontró identificada en los estudios que se han hallado hasta el momento con miras a mejorar el proceso productivo de diferentes cultivos, los autores consultados, la han incluido solo como restricción para el desarrollo de sus aportes o se han limitado a su referenciación. Con el análisis del proceso, se pudo determinar que la pendiente de inclinación del terreno es de relevancia en el proceso de la recolección manual de café. Adicional a esto, la cantidad de café por árbol afecta significativamente, ya que de acuerdo a esto es que se le paga el kilo recolectado, entre más café haya menos cuesta el kilo recolectado. Por último la altura del árbol de café es primordial, pues entre más alto el árbol, más dificulta la recolección del fruto, por lo que hay que pagar más por el kilo recolectado.
- **Personal:** como lo menciona Duque (2005), la mano de obra en la recolección de café en Colombia es el recurso más importante de la actividad, sin embargo, ninguna de las investigaciones adelantadas por Cenicafe, se ha enfocado en la búsqueda de la eficiencia de este recurso. A diferencia de lo detectado en la tabla 2, en donde, el 68,4 % de los autores indican esta variable dentro de sus investigaciones y en muchas ocasiones es el centro de la investigación (Ooster et al., 2015; Wishon et al., 2015), por lo que se enmarca como una de las variables primordiales dentro de este proceso. Adicional a lo mencionado, la cantidad de personal impacta directamente en los costos de la recolección, ya que, entre más personal haya disponible para contratar, menos será el costo que se deba pagar por el servicio, en cambio si hay escasez, el valor de la recolección se incrementa. Cabe mencionar, que la experiencia y habilidades del personal, impactan positivamente en una mano de obra más capacitada, generando reducciones en los costos, debido a que se continúa pagando por destajo.
- **Forma en que realizan la recolección del café los operarios:** como se pudo observar en el análisis de la literatura (tabla 2), todos los artículos toman como base la forma en que se realizan las operaciones estudiadas, ya que de este punto parte todo el análisis y genera la variación entre las diferentes investigaciones, por lo que estas

condiciones se toman en consideración como variable independiente del presente trabajo.

- Clima: debido a que el objeto de estudio es el sector agrícola, el clima o las condiciones meteorológicas, toman gran relevancia, ya que estas condiciones pueden impactar positiva o negativamente el cultivo, haciendo que pierda las propiedades óptimas el grano. Como lo observamos en el análisis de la literatura, el 42 % de los autores, lo están incluyendo en sus investigaciones debido al impacto que genera en el proceso. Adicional a esto, del clima depende si es posible recolectar el día programado o no, ya que si hay demasiada lluvia no es posible llevar a cabo las actividades programadas, retrasando el proceso.
- Forma en que el administrador o encargado realiza la programación de actividades: como se pudo ver en la descripción del proceso, todas las decisiones se toman empíricamente, lo que en ocasiones produce ineficiencias y errores, de tal manera que, la forma en cómo se lleven a cabo estas actividades impacta directamente el costo de la actividad y la calidad del grano que se recolecte (la calidad depende del momento en que se recolecte el fruto), por lo que debido al análisis del proceso se concluye que esta actividad es una variable clave en el proceso de recolección manual de café.

CONCLUSIONES

A partir de la revisión de la literatura, se concluye que ni la programación de la recolección manual de café, ni las variables que influyen en ella, han sido estudiadas.

Se pudo identificar a partir del análisis de la literatura y las visitas a campo, que las dos variables dependientes, u objetivos centrales en la programación de las actividades de recolección, son los costos de la actividad y la calidad del grano de café.

También se identificaron variables independientes, como las condiciones del cultivo, el personal, la forma en que se realiza la recolección del café, el clima y la forma en que el administrador o encargado realiza la programación de actividades.

Con los resultados obtenidos en el presente documento, se puede tener un panorama general de las variables involucradas en el proceso de recolección manual de café, que son fundamentales para realizar una buena programación en esta actividad.

Como estudios futuros, dada la necesidad del sector y los vacíos en la literatura, se propone el desarrollo de una investigación para generar una metodología de programación de este proceso, que impacte positivamente los costos de la operación y la calidad del grano de café; con las variables identificadas actualmente, como base de este futuro desarrollo.

REFERENCIAS

Arnaout, J.P.M.; Maatouk, M. (2010). Optimization of quality and operational costs through improved scheduling of harvest operations. *International Transactions in Operational Research*, Vol. 17, No. 5, pp. 595-605.

Bochtis, D.D.; Dogoulis, P.; Busato, P.; Sørensen, C.G.; Berruto, R.; Gemtos, T. (2013). A flow-shop problem formulation of biomass handling operations scheduling. *Computers and electronics in agriculture*, Vol. 91, pp. 49-56.

Cano, G.; Vallejo, C.; Caicedo, E.; Amador, J.; Tique, E. (2012). Borradores de economía: El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. Núm. 710. Colombia: Banco de la República. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/>

Castañeda, J.; Montoya, E.; Oliveros, C.; Velez, J. (2014). Evaluación de un método para la recolección de café en terrenos de alta pendiente. *Cenicafé*, Vol. 62, No. 1, pp. 32-47.

Cunha, J.P.; Silva, F.M.D.; Andrade, E.T.D.; Carvalho, L.C. (2016). Modeling of operational performance parameters applied in mechanized harvest of coffee. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Vol. 20, No. 10, pp. 946-952.

Da Silva, J.E.A.R.; Alves, M.R.P.A.; Da Costa, M.A.B. (2011). Planejamento de turnos de trabalho: uma abordagem no setor sucroalcooleiro com uso de simulação discreta. *Gestão & Produção*, Vol. 18, No. 1, pp. 73-90.

Duque-Orrego, H. (2005). Caracterización socioeconómica de la mano de obra empleada en la cosecha de café, en cuatro municipios de Caldas. *Cenicafé*, Vol. 55, No. 4, pp. 302-316.

Duque-Orrego, H.; Cháves Córdoba, B. (2003). Probabilidad de retorno de la mano de obra para la recolección de café en la zona central de Caldas. *Cenicafé*. Vol. 54, No. 2, pp. 162-178.

Duque-Orrego, H.; Dussán, L. C. (2004). Productividad de la mano de obra en la cosecha de café en cuatro municipios de la región cafetera central de Caldas. *Cenicafé*. Vol. 55, No.3, pp. 246-258.

El Espectador. (17 de octubre de 2016). Falta de recolectores preocupa a cafeteros de Caldas. Colombia: El Espectador. Recuperado de <http://www.elespectador.com/>

Engler, B.; Becker, G.; Hoffmann, S. (2016). Process mechanization models for improved Eucalyptus plantation management in Southern China based on the analysis of currently applied semi-mechanized harvesting operations. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 87, pp. 96-106.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1993). Categorías de zonas por pendiente. *Cenicafé*, Información interna.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2001). Indicadores de rendimiento de la caficultura. Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de Café. Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2010 - 2014). Nuestro Café. Colombia: Federación Nacional de cafeteros de Colombia. Recuperado de <https://www.federaciondecafeteros.org/>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2010). Café de Colombia. Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de <http://www.cafedecolombia.com/>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2014). Informe de Comités Departamentales. Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de <https://www.federaciondecafeteros.org/>

Ferrer, J.C.; Mac Cawley, A.; Maturana, S.; Toloza, S.; Vera, J. (2008). An optimization approach for scheduling wine grape harvest operations. *International Journal of Production Economics*, Vol. 112, No. 2, pp. 985-999.

Fulin, W.; Shengxue, Z.; Xiaoming, F. (2016). Improved estimation model and empirical analysis of relationship between agricultural mechanization level and labor demand. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Vol. 9, No. 2, pp. 48.

Gobierno de Caldas. (2016). Caldas Territorio de Oportunidades, Plan Departamental de Desarrollo. Colombia: Gobierno de Caldas. Recuperado de <http://www.gobernaciondecaldas.gov.co/>

Guan, S.; Nakamura, M.; Shikanai, T.; Okazaki, T. (2008). Hybrid Petri nets modeling for farm work flow. *Computers and electronics in agriculture*, Vol. 62, No. 2, pp. 149-158.

International Coffee Organization. (2016). Country data in the global coffee trade. Inglaterra: International Coffee Organization. Recuperado de <http://www.ico.org/>

Joannon, A.; Papy, F.; Martin, P.; Souchère, V. (2005). Planning work constraints within farms to reduce runoff at catchment level. *Agriculture, ecosystems y environment*, Vol. 111, No. 1, pp. 13-20.

Martínez, R.A.; Montoya, E.C.; Vélez, J.C.; Oliveros, C.E. (2005). Estudio de tiempos y movimientos de la recolección manual del café en condiciones de alta pendiente. *Cenicafé*, Vol. 56, No. 1, pp. 50-66.

Monjezi, N.; Sheikhdavoodi, M.J.; Zakidizaji, H.; Marzban, A.; Shomeili, M. (2016). Operations scheduling of sugarcane production using fuzzy GERT method (part II: preserve operations, harvesting and ratooning). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, Vol. 18, No. 3, pp. 343-349.

Ooster, A.; Bontsema, J.; Van Henten, E.J.; Hemming, S. (2015). Model-based analysis of skill oriented labour management in a multi-operations and multi-worker static cut rose cultivation system. *Biosystems Engineering*, Vol. 135, pp. 87-102.

Pathumnakul, S.; Nakrachata-Amon, T. (2015). The Applications of Operations Research in Harvest Planning: A Case Study of the Sugarcane Industry in Thailand. *Journal of the Japan Society for Management Engineering*, Vol. 65, No. 4E, pp. 328-333.

Portafolio. (23 de Agosto de 2016). Se acabaron los recolectores de café: Colombia le apunta a máquinas para su cosecha. Colombia: Portafolio. Recuperado de <http://www.portafolio.co/>

Ruiz-Torres, A.J.; Villalobos, J.R.; Salvador-Jijon, M.; Alomoto, N. (2012). Planning models for floriculture operations. *International Journal of Applied Management Science*, Vol. 4, No. 2, pp. 148-164.

Sopegno, A.; Busato, P.; Berruto, R.; Romanelli, T.L. (2016). A cost prediction model for machine operation in multi-field production systems. *Scientia Agricola*, Vol. 73. No. 5, pp. 397-405.

Sørensen, C.G.; Nielsen, V. (2005). Operational analyses and model comparison of machinery systems for reduced tillage. *Biosystems engineering*, Vol. 92, No. 2, pp. 143-155.

Thangavadivelu, S.; Colvin, T.S. (1997) Fuzzy-Logic-Based Decision Support System for Scheduling Tillage Operations. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 10, No. 5, pp. 463-472.

Villegas, M.J.; Montoya, E.C.; Velez, J.C.; Oliveros, C.E. (2005). Desempeño de los recolectores de café según la altura de la plantación. *Cenicafé*, Vol. 56, No. 1, pp. 19-36.

Weintraub, A.; Romero, C. (2006). Operations research models and the management of agricultural and forestry resources: a review and comparison. *Interfaces*, Vol. 36, No. 5, pp. 446-457.

Wijngaard, P.J. (1988). A heuristic for scheduling problems, especially for scheduling farm operations. *European journal of operational research*, Vol. 37, No. 1, pp. 127-135.

Wishon, C.; Villalobos, J.R.; Mason, N.; Flores, H.; Lujan, G. (2015). Use of MIP for planning temporary immigrant farm labor force. *International Journal of Production Economics*, Vol. 170, pp. 25-33.