



Revista EIA
ISSN: 1794-1237
revista@eia.edu.co
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Colombia

PROGRAMACIÓN O PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES O RECURSOS EN LA AGRICULTURA. UNA REVISIÓN DE LITERATURA

Ramírez Valencia, Vanesa; Cárdenas Aguirre, Diana María; Ruiz Herrera, Santiago

PROGRAMACIÓN O PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES O RECURSOS EN LA AGRICULTURA. UNA REVISIÓN DE LITERATURA

Revista EIA, vol. 15, núm. 30, 2018

Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149259394005>

DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1151>

PROGRAMACIÓN O PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES O RECURSOS EN LA AGRICULTURA. UNA REVISIÓN DE LITERATURA

Programação ou planejamento de atividades ou recursos na
agricultura. Uma revisão da literatura

Scheduling or planning of activities or resources in agriculture.
A review of the literature

Vanesa Ramírez Valencia vramirezv@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Colombia

Diana María Cárdenas Aguirre dmcardenas@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Colombia

Santiago Ruiz Herrera sruizhe@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Colombia

Revista EIA, vol. 15, núm. 30, 2018

Escuela de Ingeniería de Antioquia,
Colombia

Recepción: 30 Agosto 2017
Aprobación: 29 Noviembre 2018

DOI: [https://doi.org/10.24050/
reia.v15i30.1151](https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1151)

Redalyc: [https://www.redalyc.org/
articulo.oa?id=149259394005](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149259394005)

Resumen: Con el propósito de detectar las herramientas y enfoques desarrollados en la programación de recursos o la planeación de actividades en la agricultura, el presente documento muestra la revisión sistemática de literatura adelantada para tal fin, así mismo, expone los resultados y discusión de ellos. Se pretende realizar un diagnóstico del desarrollo de este sector y como está siendo impactado por diferentes herramientas de optimización, que en su mayoría han sido aplicadas en la industria. El documento muestra una introducción general, las ecuaciones de búsqueda utilizadas, las bases de datos en las que fueron aplicadas las ecuaciones de búsqueda, los resultados de la revisión sistemática de literatura y la discusión de los resultados obtenidos.

Palabras clave: Programación, Planeación, Agricultura, Actividades, Recursos, Operación.

Abstract: With the purpose of detect the tools and approaches developed into the resource scheduling or an activity planning in the agriculture, the present paper shows the systematic review of literature which was done for such purpose, likewise, it shows the results and discussing of them. Is intended to make a diagnostic of the development into this field and how it is influenced by different optimization tools, which have been mainly applied in the industry. The paper shows a general introduction, the searching equations used, the databases where the searching equations were applied, the results of the systematic review of literature and the discussion of the results obtained.

Keywords: Scheduling, Planning, Agriculture, Activities, Resources, Operation.

Resumo: Para detectar as ferramentas e abordagens desenvolvidas na programação de recursos ou o planejamento de atividades na agricultura, este documento mostra a revisão sistemática da literatura para este propósito, bem como os resultados e discussões sobre elas. Pretende-se fazer um diagnóstico do desenvolvimento deste setor e como ele está sendo impactado por diferentes ferramentas de otimização, que foram aplicadas principalmente na indústria. O documento apresenta uma introdução geral, as equações de busca utilizadas, os bancos de dados em que as equações de busca foram aplicadas, os resultados da revisão sistemática da literatura e a discussão dos resultados obtidos.

Palavras-chave: Programação, Planejamento, Agricultura, Atividades, Recursos, Operação.

Introducción

Gran parte del avance industrial y la preocupación por que cada día sea más eficiente la producción de bienes o servicios, ha impulsado a desarrollar diferentes herramientas de optimización que han potencializado este sector. El sector agrícola por otra parte, estuvo por un tiempo fuera del foco de investigación; a mediados de la década de los 60's comienza a tener algún interés por parte de investigadores, debido a que se detecta la importancia de ver el sector agrícola como una parte fundamental en la cadena productiva, por lo que se convierte en objeto de estudio enfocado también a la optimización de operaciones o recursos.

Dada la relevancia que tiene actualmente el sector agrícola y la importancia de impulsar esta economía, el presente documento contiene una revisión sistemática de literatura, la cual, busca detectar las herramientas y enfoques desarrollados en la programación de recursos o la planeación de actividades en la agricultura; se presenta de igual manera la metodología que se siguió, como la definición de las ecuaciones de búsqueda y las bases de datos utilizadas, también se muestran los resultados obtenidos y la discusión de los mismos.

Metodología de la 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.

La ecuación de búsqueda se definió con varias palabras que se encontraron pertinentes a partir de revisiones de literatura previas, en donde se generó una 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 todo el documento se definieron las palabras “Agri* or farm or land or plantation or coffee or harvest”, esta ecuación de búsqueda se realizó el 01 de Enero del 2017 en la base de datos WEB OF SCIENCE, con un total de 407 artículos encontrados. Adicional a esto, 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 ecuación de búsqueda se realizó el 29 de Marzo del 2017 en la base de datos SCOPUS, con un total de 415 artículos encontrados.

En total se encontraron 130 artículos repetidos entre una base de datos y otra, por lo que en total fueron 692 artículos, de los cuales hubo 6 artículos que no fueron posibles de encontrar, los otros 686 se analizaron desde el título, resumen y palabras claves, para poder realizar una clasificación previa; de esta clasificación se seleccionaron 54 artículos, los cuales se leyeron en su totalidad, de estos artículos se seleccionaron dos que no eran pertinentes para el presente documento, por los que se obtuvo la clasificación que se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1
Resultados de la ecuación de búsqueda

Clasificación de artículos	Total
Relevantes	52
No relevantes	634
No encontrados	6
Total	692

Elaboración propia.

Los artículos que se identificaron como relevantes, son los que se centraron en el tema de programación de recursos o actividades, enfocadas directamente a la agricultura, estos artículos se analizarán en el siguiente apartado. Los artículos no relevantes son los que no tienen aporte y tratan temáticas muy diferentes a las actualmente investigadas.

Principales resultados obtenidos de la revisión de literatura:

De la ecuación de búsqueda definida en el apartado anterior que fue aplicada en las bases de datos WEB OF SCIENCE y SCOPUS, se identificaron 52 artículos relevantes (Tabla 1), ya que estos artículos han desarrollado soluciones que se han aplicado para mejorar la eficiencia en la programación de recursos o actividades, enfocadas directamente a la agricultura, los autores que se centran en estos temas 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 sus principales objetivos.

[illegible]

Elaboración propia.

Tabla 2 Autores que han investigado sobre programación o planeación de recursos o actividades, enfocadas directamente a la agricultura y sus principales objetivos.

Discusión de resultados:

La tabla 2 muestra los autores que, según la búsqueda realizada, han enfocado sus investigaciones en optimizar la programación o planeación de recursos en la agricultura para diferentes cultivos, con diversos métodos de solución, como se puede ver con Joannon, et al. (2005), quienes buscan generar más flexibilidad en la programación de operaciones o recursos, para que los agricultores puedan ser más asertivos, y lo basa en encuestas a ellos mismos. Autores como Sørensen y Nielsen (2005), tratan el recurso humano en operaciones agrícolas, pero combinado con maquinaria para observar cómo pueden tener mayor rendimiento ciertas actividades. De la misma manera, Guan, et al. (2008), también tratan la maquinaria junto con el recurso humano, pero con el propósito de desarrollar un flujo de trabajo en los cultivos de caña de azúcar.

Adicional a esto, Corner y Foulds (2005), exponen a partir de la especificación de cada actividad, tanto de maquinaria como de personal, la forma de minimizar la recolección de bloques forestales. Autores como, Foulds y Zhao (2007), también examinan la maquinaria de cosecha y el personal, pero con el objetivo de mejorar los horarios de trabajo; existen investigaciones en el análisis desarrollado, que se centran igualmente en el bienestar del trabajador, en donde tienen en cuenta los reposos y el programa de trabajo, para que no resulte ningún tipo de molestia indebida, involucrando las cultivadoras (Tiwaria y Giteb, 2006). Autores como Ooster, et al. (2013), se centran en el desempeño laboral. Así mismo, otros autores se enfocan en el rendimiento, la programación o planificación de tareas, desde una área más administrativa (Costa, Menesatti y Spinelli, 2012; Alaiso, Backman y Visala, 2013; Marques, Sousa y Ro#nnqvistb, 2014), estos enfoques se hacen indispensables en el análisis de un cultivo para genera rentabilidad en los negocio agrícolas.

Se pudo encontrar en la literatura analizada en la tabla 2, autores como Ali, Verlinden y Van Oudheusden (2008), Berruto y Busato (2008), Bochtis, et al. (2009), Bochtis y Oksane (2009), Hameed, et al. (2010), Bakhtiari, et al. (2013) y Edwards, Bochtis y Sørensen (2013); los cuales centran sus investigaciones en el recorrido de una máquina y como pueden desarrollar algún tipo de optimización o mejora en este tema en específico, lo cual toma una mayor importancia a medida que las operaciones en campo se automatizan.

Así mismo, se encuentra autores como Ferrer, et al. (2008) y Arnaout y Maatouk (2010), que centran sus estudios en el cultivo de uva, en donde no solo tienen en cuenta la optimización de las operaciones y la reducción de costos, si no también incluyen la calidad del fruto en el momento de la recolección, ya que esto afecta significativamente la calidad del vino producido; Monjezi, et al. (2016), también desarrolla su investigación en la agricultura, pero lo propone desde la programación de proyectos de producción de caña de azúcar. Bochtis, et al. (2013),

desarrolla una investigación en la que se centra en la planificación de operaciones secuenciales, pero incluye en su estudio la incertidumbre de la predicción de tiempos en el trabajo, lo que genera unos resultados más asertivos y aplicables a la industria agrícola.

En la revisión actual se encontró que existen autores que involucran las condiciones del suelo en sus investigaciones (Tittonell, et al., 2007; Khani, et al., 2010), así como, la disponibilidad del agua (Naivinita, et al., 2010) y condiciones medioambientales o ecológicas (Banhara, et al., 2010; Eakin, et al., 2011); que al tratarse de la agricultura el objeto de estudio analizado para el actual documento, es de importancia incluir esta variables en las investigaciones y los autores anteriormente mencionado logran darle la relevancia pertinente.

Existen autores de los observados en la tabla 2, que tratan la optimización de operaciones desde el recurso humano, como lo son Wishon, et al. (2015), que buscan encontrar el número apropiado de trabajadores para unas plantaciones; Ooster, et al. (2015), que se centran únicamente en las habilidades de los trabajadores que realizan las operaciones en la horticultura, para obtener resultados más eficientes y Da Silva, Alves y Da Costa (2011), que incorpora en su investigación, el límite de horas de trabajo permitidas para un hombre. Sopegno, et al. (2016), se interesa en los mismos temas que los autores analizados anteriormente, pero difiere al enfocarse en la toma de decisiones estratégicas en la agricultura, estos autores incluyen tanto la mano de obra, como la maquinaria en todo el desarrollo del proyecto.

Desde el punto de análisis de operaciones mecanizadas o semi mecanizadas, encontramos autores como Engler, Becker y Hoffmann (2016), que buscan, a partir de su análisis de actividades, impulsar la mecanización con el soporte del rendimiento de las actividades desarrolladas. Así mismo, Pathumnakul y Nakrachata-Amon (2015), buscan avanzar en las operaciones mecanizadas y proponen como tema innovador, la fusión de campos, para que se puedan realizar las operaciones con máquinas en pequeñas fincas. Cunha, et al. (2016), centra toda su investigación en el proceso de recolección de café mecanizado, para evaluar su desempeño operacional. Autores como Fulin, Shengxue y Xiaoming (2016), incorpora de igual manera la maquinaria agrícola en su investigación, en donde, de acuerdo al grado de mecanización de las actividades, se puede estimar la necesidad de mano de obra.

También se detectaron varios autores que se han enfocado en la producción agrícola mecanizada (Baio, et al., 2013; Beaudoin, Frayret y Lebel, 2014; Zhou, et al., 2014; Zhou, et al., 2015; Jensen, Bochtis y Sørensen, 2015; Bochtis, et al., 2015; Edwards, et al., 2015; Jensen, et al., 2015; Montgomery, Han y Kizha, 2016;), que se pueden observar a más detalle en la tabla 2. Lo dicho hasta aquí supone que, en las actividades agrícolas se está involucrando más fuertemente la maquinaria, esto se puede dar, debido a las optimizaciones que genera el cambio de una operación manual a mecanizada, ya que, en la mayoría de ocasiones, impacta directamente en la reducción de mano de obra y tiempos de

operación, que a su vez, genera reducciones en los costos totales de producción.

Una investigación que ha incluido la planificación táctica de operaciones, es la de Ruiz-Torres, et al. (2012), que ayudará a los cultivadores de flores con las decisiones de asignación de tierras y la variedad de flores, de tal manera, que los ingresos se maximicen. Esta planificación ayuda a adaptarse a los cambios del mercado, tales como la fluctuación de los precios y la demanda, de las diferentes variedades de plantas cosechadas. El problema considera las limitaciones de capacidad, fuerza de trabajo, demanda, rendimiento y variabilidad de los precios. Este proyecto, es de gran relevancia para la investigación, debido a las condiciones del cultivo y por las variables incluidas en el estudio, ya que incluyen la selección del tipo de flor de acuerdo con la demanda y precio, algo que no se ha incluido en ningún otro estudio analizado hasta el momento. Autores como Pardo, Riravololona y Munier-Jolain (2010), toman factores como las malezas, las cuales también es importante investigarlas ya que afectan de manera positiva o negativamente la rentabilidad del negocio, dependiendo de tipo de cultivo.

Para finalizar, se resaltan los trabajos de Wijngaard (1988) y Thangavadivelu y Colvin (1997), ya que fueron identificados como relevantes, pues son pioneros en aplicación de herramientas de programación de operaciones en la agricultura, con aportes como la programación de puestos de trabajo y la consideración del clima como criterio para saber si es óptimo o no realizar actividades de labranza. No se pueden dejar de un lado, los autores que también trataron este tema, como lo son, Van Wyk y Hatting (1964), Stuart (1971), Van Elderen (1978) y Van Elderen (1980). Weintraub Y Romero (2006), realizan un análisis acerca de la aplicación de la investigación de operaciones en la agricultura y su evolución, en donde se observa que ha sido altamente aplicada y ha tenido una evolución rápida en el sector, y señalan retos para futuros investigadores en el tema, al incluir variables propias del sector agrícola.

Al observar cada investigación detalladamente, se pudieron encontrar los siguientes resultados de relevancia: el 55,8 % de las investigaciones, se centran solo en programación o planeación de actividades agrícolas, el 38,5 %, se enfocaron en la combinación de programación o planeación de actividades agrícolas y los recursos que las realizan, mientras que solo un 5,7 % de las investigaciones se centraron en los recursos que realizan las actividades. Por lo que se pudo concluir, que lo que toma más relevancia en el campo de la investigación agrícola, esta orientado a las actividades, no a los recursos con los que realizan las operaciones.

Por otra parte, los recursos que realizan las actividades agrícolas, que más se han estudiados son: la maquinaria con un 42,3 %, la combinación de la maquinaria y la mano de obra con un 21,2 %, la mano de obra con un 19,2 % y un 17,3 % de las investigaciones no especifican los recursos o incluyen algún otro solo estudiado en ese artículo. De estos resultados se concluyó, que la maquinaria agrícola es de alta relevancia en los estudios analizados, seguido por el recurso humano que desarrolla la labor agrícola.

Así mismo, se detectó que, el 50 % de las investigaciones incluidas en este documento, aplican modelos matemáticos para darle solución a los problemas planteados o realizar las investigaciones pertinentes, y un 13,5 %, recurrió a la simulación como herramienta de investigación.

Conclusiones

Como conclusión principal, se puede observar que la programación de operaciones o recursos en la agricultura, ha sido estudiada hace más de 50 años; se identifica como un tema de gran relevancia para varios autores, no solo por los aportes al crecimiento y desarrollo de este sector de la economía, sino por los retos que genera la aplicación de las herramientas de programación, a las condiciones particulares del sector agrícola. Así mismo, se detecta un desafío importante más allá de las condiciones de la agricultura (condiciones meteorológicas, de terrenos, etc.), como lo es, las variaciones de acuerdo al cultivo (especificaciones del producto que se cultiva), ya que, como se detectó en la discusión de literatura, cada investigación se enfoca en un cultivo, lo que genera, variables muy diversas en el campo de la agricultura, enfocadas al objeto de estudio.

Adicional a esto, como se pudo observar en varias de las investigaciones mencionadas en la tabla 2, la programación adecuada de recursos o actividades genera un impacto en los costos de las operaciones estudiadas, de igual manera, se detectaron los siguientes factores importantes en la asignación o programación de actividades o recursos: condiciones del cultivo, recurso que realiza las actividades, forma de realizar las operaciones, condiciones meteorológicas, forma de programar y calidad del producto. Hay que mencionar, además, que todo lo analizado y concluido en el actual documento genera una visión clara de los cultivos que se están estudiando y las herramientas de programación y planeación que se están teniendo en cuenta para este campo de estudio, lo que genera una base de investigaciones enfocadas al desarrollo agrícola y que pueden ser de utilidad como insumo para llevar a cabo investigaciones enfocadas a la optimización de actividades o recursos en la agricultura.

Referencias

- Alaiso, S.; Backman, J.; Visala, A. (2013). Ant Colony Optimization for Scheduling of Agricultural Contracting Work. IFAC Proceedings Volumes, 46(18), pp. 133-137. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3182/20130828-2-SF-3019.00041> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Ali, O.; Verlinden, B.; Van Oudheusden, D. (2008). Infield logistics planning for crop-harvesting operations. Engineering Optimization, 41(2), pp. 183-197. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/03052150802406540> [Consultado 31 de Marzo de 2017]
- Arnaout, J. P. M.; Maatouk, M. (2010). Optimization of quality and operational costs through improved scheduling of harvest operations. International

- Transactions in Operational Research, 17(5), pp. 595-605. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-3995.2009.00740.x> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Baio, F. H.; Rodrigues, A. D.; Santos, G. S. D.; Silva, S. P. D. (2013). Mathematical modeling to select mechanized agricultural systems by the lowest operational cost. *Engenharia Agrícola*, 33(2), pp. 402-410. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000200018> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Bakhtiari, A.; Navid, H.; Mehri, J.; Berruto, R.; Bochtis, D. D. (2013). Operations planning for agricultural harvesters using ant colony optimization. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(3), pp. 652-660. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013113-3865> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Banhara, J. R.; Rodriguez, L. C. E.; Seixas, F.; Moreira, J. M. M.; da Silva, L. M. S.; Nobre, S. R.; Cogswell, A. (2010). Optimized harvest scheduling in eucalyptus plantations under operational, spatial and climatic constraints. *Scientia Forestalis*, 38(85), pp. 85-95. [Online] Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- Beaudoin, D., Frayret, J., y Lebel, L. (2014) Hierarchical forest management with anticipation: an application to tactical–operational planning integration. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(8), pp. 2198-221. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1139/X08-055> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- Berruto, R.; Busato, P. (2008). System approach to biomass harvest operations: simulation modeling and linear programming for logistic design. In ASABE Annual International Meeting, Rhode Island, Paper (No. 084565). [Online] Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- 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*, 91, pp. 49-56. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.11.015> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Bochtis, D.; Griepentrog, H. W.; Vougioukas, S.; Busato, P.; Berruto, R.; y Zhou, K. (2015). Route planning for orchard operations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, pp. 51-60. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.12.024> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Bochtis, D. D.; Sørensen, C. G.; Jørgensen, R. N.; Green, O. (2009). Modelling of material handling operations using controlled traffic. *biosystems engineering*, 103(4), pp. 397-408. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.02.006> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Bochtis, D. D.; Oksanen, T. (2009). Combined coverage path planning for field operations. In *Proc. Joint International Agricultural Conference, JIAC*, pp. 521-527. [Online] Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- Corner, J. L.; Foulds, L. R. (2005). Scheduling the Harvesting Operations of a Forest Block: A Case Study. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*,

- 22(03), pp. 377-390. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1142/S0217595905000674> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- Costa, C.; Menesatti, P.; Spinelli, R. (2012). Performance modelling in forest operations through partial least square regression. *Silva Fennica*, 46(2), pp. 241-252. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.14214/sf.57> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- 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*, 20(10), pp. 946-952. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n10p946-952> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- 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*, 18(1), pp. 73-90. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2011000100006> [Consultado 31 de Marzo de 2017]
- Eakin, H.; Bojórquez-Tapia, L. A.; Diaz, R. M.; Castellanos, E.; Hagggar, J. (2011). Adaptive capacity and social-environmental change: theoretical and operational modeling of smallholder coffee systems response in Mesoamerican Pacific Rim. *Environmental management*, 47(3), pp. 352-367. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9603-2> [Consultado 31 de Marzo de 2017]
- Edwards, G.; Bochtis, D.; Sørensen, C. G. (2013). Multi-machine coordination: Scheduling operations based on readiness criteria and using a modified tabu search algorithm. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(18), pp. 191-195. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3182/20130828-2-SF-3019.00023> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Edwards, G.; Sørensen, C. G.; Bochtis, D. D.; Munkholm, L. J. (2015). Optimised schedules for sequential agricultural operations using a Tabu Search method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 117, pp. 102-113. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.07.007> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- 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*, 87, pp. 96-106. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.02.021> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- 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*, 112(2), pp. 985-999. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.05.020> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Foulds, L. R.; Zhao, X. D. (2007). A Decision Support System for sustainable maize harvesting operations scheduling. *International Journal of Business Information Systems*, 2(4), pp. 372-391. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1504/IJBIS.2007.012541> [Consultado 30 de Marzo de 2017]

- 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*, 9(2), pp. 48. [Online] Disponible en: [10.3965/j.ijabe.20160902.2188](https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20160902.2188) [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Guan, S.; Nakamura, M.; Shikanai, T.; Okazaki, T. (2008). Hybrid Petri nets modeling for farm work flow. *Computers and electronics in agriculture*, 62(2), pp. 149-158. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.12.006> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Hameed, I. A.; Bochtis, D. D.; Sørensen, C. G.; Nøremark, M. (2010). Automated generation of guidance lines for operational field planning. *Biosystems Engineering*, 107(4), pp. 294-306. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.09.001> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Jensen, M. F.; Bochtis, D.; Sørensen, C. G. (2015). Coverage planning for capacitated field operations, part II: Optimisation. *Biosystems Engineering*, 139, pp. 149-164. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.07.002> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Jensen, M. F.; Nørremark, M.; Busato, P.; Sørensen, C. G.; Bochtis, D. (2015). Coverage planning for capacitated field operations, Part I: Task decomposition. *Biosystems Engineering*, 139, pp. 136-148. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.07.003> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Joannon, A.; Papy, F.; Martin, P.; Souchère, V. (2005). Planning work constraints within farms to reduce runoff at catchment level. *Agriculture, ecosystems y environment*, 111(1), pp. 13-20. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.04.021> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Khani, M.; Keyhani, A.; Parsinejad, M.; Alimardani, R. (2010). Verification and sensitivity analysis of a model for determination of probability of a working day for tillage. *International Agrophysics*, 25(1), pp. 27-35. [Online] Disponible en: <http://www.old.international-agrophysics.org/> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- Marques, A. F.; de Sousa, J. P.; Rönnqvist, M. (2014). Combining optimization and simulation tools for short-term planning of forest operations. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(sup1), pp. 166-177. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/02827581.2013.856937> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- 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*, 18(3), pp. 343-349. [Online] Disponible en: <http://www.cigrjournal.org/> [Consultado 31 de Marzo de 2017]
- Montgomery, T. D.; Han, H. S.; Kizha, A. R. (2016). Modeling work plan logistics for centralized biomass recovery operations in mountainous terrain. *Biomass and Bioenergy*, 85, pp. 262-270. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.11.023> [Consultado 31 de Marzo de 2017]

- Naivinit, W.; Le Page, C.; Trébuil, G.; Gajaseeni, N. (2010). Participatory agent-based modeling and simulation of rice production and labor migrations in Northeast Thailand. *Environmental Modelling y Software*, 25(11), pp. 1345-1358. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.01.012> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Ooster, A.; Bontsema, J.; van Henten, E. J.; Hemming, S. (2013). Sensitivity analysis of a stochastic discrete event simulation model of harvest operations in a static rose cultivation system. *Biosystems engineering*, 116(4), pp. 457-469. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.10.009> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- 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*, 135, pp. 87-102. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.04.014> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Pardo, G.; Riravololona, M.; Munier-Jolain, N. M. (2010). Using a farming system model to evaluate cropping system prototypes: Are labour constraints and economic performances hampering the adoption of Integrated Weed Management?. *European Journal of Agronomy*, 33(1), pp. 24-32. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.02.003> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- 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 Management Association of Japan*, 65(4E), pp. 328-333. [Online] Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Ruiz-Torres, A. J., Villalobos, J. R., Salvador-Jijon, M., y Alomoto, N. (2012). Planning models for floriculture operations. *International Journal of Applied Management Science*, 4(2), pp. 148-164. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1504/IJAMS.2012.046206> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Sopegno, A.; Busato, P.; Berruto, R.; Romanelli, T. L. (2016). A cost prediction model for machine operation in multi-field production systems. *Scientia Agricola*, 73(5), pp. 397-405. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0304> [Consultado 31 de Marzo de 2017]
- Sørensen, C. G.; Nielsen, V. (2005). Operational analyses and model comparison of machinery systems for reduced tillage. *Biosystems engineering*, 92(2), pp. 143-155. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.06.014> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Stuart, O. (1971). The utilisation of operations research techniques in the planning of agricultural undertakings. *Agrekon*, 10(4), pp. 12-15. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/03031853.1971.9523861> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Thangavadivelu, S.; Colvin, T. S. (1997) Fuzzy-Logic-Based Decision Support System for Scheduling Tillage Operations. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 10 (5), pp. 463-472. [Online] Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0952-1976\(97\)00023-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0952-1976(97)00023-7) [Consultado 31 de Marzo de 2017]

- Tittonell, P.; Van Wijk, M. T.; Rufino, M. C.; Vrugt, J. A.; Giller, K. E. (2007). Analysing trade-offs in resource and labour allocation by smallholder farmers using inverse modelling techniques: a case-study from Kakamega district, western Kenya. *Agricultural Systems*, 95(1), pp. 76-95. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.04.002> [Consultado 29 de Marzo de 2017].
- Tiwari, P. S.; Gite, L. P. (2006). Evaluation of work-rest schedules during operation of a rotary power tiller. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(3), pp. 203-210. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.11.001> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Van Wyk, S. P.; Hattingh, H. S. (1964). Labour Planning of a Diversified Farm on the Transvaal Highveld. *Agrekon*, 3(1), pp. 20-31. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/03031853.1964.9524453> [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Van Elderen, E. (1978). Scheduling farm operations. *European Journal of Operational Research*, 4(1), pp. 19-23. [Online] Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(80\)90035-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(80)90035-1) [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Van Elderen, E. (1980). Models and techniques for scheduling farm operations: a comparison. *Agricultural systems*, 5(1), pp. 1-17. [Online] Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0308-521X\(80\)90016-5](http://dx.doi.org/10.1016/0308-521X(80)90016-5) [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Weintraub, A.; Romero, C. (2006). Operations research models and the management of agricultural and forestry resources: a review and comparison. *Interfaces*, 36(5), pp. 446-457. [Online] Disponible en: [10.1287/inte.1060.0222](https://doi.org/10.1287/inte.1060.0222) [Consultado 30 de Marzo de 2017]
- Wijngaard, P. J. (1988). A heuristic for scheduling problems, especially for scheduling farm operations. *European journal of operational research*, 37(1), pp. 127-135. [Online] Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90287-1](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(88)90287-1) [Consultado 31 de Marzo de 2017]
- 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*, 170, pp. 25-33. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.004> [Consultado 31 de Marzo de 2017]
- Zhou, K.; Jensen, A. L.; Bochtis, D. D.; Sørensen, C. G. (2015). Simulation model for the sequential in-field machinery operations in a potato production system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116, pp. 173-186. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.06.018> [Consultado 29 de Marzo de 2017]
- Zhou, K.; Jensen, A. L.; Sørensen, C. G.; Busato, P.; Bochtis, D. D. (2014). Agricultural operations planning in fields with multiple obstacle areas. *Computers and Electronics in Agriculture*, 109, pp. 12-22. [Online] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.08.013> [Consultado 31 de Marzo de 2017]