

REFERENCIA	FUNCIÓN OBJETIVO	MODELO	MÉTODO SOLUCIÓN	RESTRICCIONES
(Alfandari, Plateau, & Schepler, 2015)	Minimizar superficie ocupada por una rotación para cubrir la demanda	BIP ^a	Generación de columnas y método de ramificación y corte	<p>* La cantidad de producción por parcela debe ser al menos la demanda de cada producto.</p> <p>* Conservación de flujo, asegura que en cada parcela haya una rotación.</p>
(Castellazzi et al., 2008)	Optimar el área a ser cultivada	MC ^b	Cadenas de Márkov, método Heurístico	<p>* Matriz que representa la sucesión de cultivos.</p> <p>* Vector del tamaño cada rotación.</p> <p>* Matriz de transición entre rotaciones.</p>
(Filippi, Mansini, & Stevanato, 2017)	Maximizar ingresos del agricultor	MILP ^c	Solución Exacta y un complemento con un modelo que evalúa el riesgo de cada asignación elegida por el modelo entero mixto	<p>*La suma del área ocupada por cada cultivo en el horizonte de tiempo no supere el área total disponible.</p> <p>*El área asignada a un cultivo sea la misma en todo las operación de producción.</p> <p>*Los costos proporcionales y fijos sean al menos el presupuesto disponible para cada periodo.</p> <p>*Que se asigne el tiempo estrictamente necesario de trabajo para cada área dispuesta para un determinado cultivo.</p> <p>*Asegurar que la herramienta asignada desarrolle solamente un trabajo sobre el área dispuesta.</p> <p>*Asegurarse de no asignar más de una herramienta a cada uno de los tractores disponibles.</p>
(Schönhart, Schmid, & Schneider, 2011)	Maximizar valor agronómico	LP ^d	Método exacto, sin embargo, para lograr una solución en menor tiempo se apoyan en la simulación de Monte Carlo	<p>* Asegurarse de que la mezcla de cultivos a ser producida sea igual a la cantidad de cultivo observado para una región.</p> <p>* Se limita la sucesión o intolerancia de ciertos cultivos</p>

REFERENCIA	FUNCIÓN OBJETIVO	MODELO	MÉTODO SOLUCIÓN	RESTRICCIONES
(Galán-Martín, Pozo, Guillén-Gosálbez, Antón Vallejo, & Jiménez Esteller, 2015)	Maximizar ingresos del agricultor	MILP	Método exacto, sin embargo, se complementa con un modelo heurístico iterativo para los casos en los que no se puede lograr maximizar los ingresos por los altos costos de producción	<ul style="list-style-type: none"> * La suma del área dispuesta para cada cultivo, el área de pastos y el espacio ecológico no debe superar al total de área disponible para cada año. * El área dispuesta para pastos deber ser el 5% del total de área disponible para cada año. * Se define la porción de área dispuesta para un foco ecológico del total de área disponible para todo el horizonte de tiempo. * Se establece un mínimo de área para cada tipo de cultivo en un periodo determinado, para que exista diversificación de cultivos. * Restringe a que un cultivo no sea sembrado en la misma área en periodos sucesivos y exista rotación de cultivos.
(Osama, Elkholy, & Kansoh, 2017)	Maximizar ingresos del agricultor	MILP	Solución exacta a través del método Simplex	<ul style="list-style-type: none"> *Minimizar el consumo de agua, para evitar superar la disponibilidad de agua para cada periodo. *Que la suma del área para cada cultivo no supere el total de área disponible para cada periodo. *Restringir a que el área dispuesta para cada cultivo no sea demasiado grande o pequeña, para satisfacer la demanda del alimento

REFERENCIA	FUNCIÓN OBJETIVO	MODELO	MÉTODO SOLUCIÓN	RESTRICCIONES
(Capitanescu, Marvuglia, Navarrete Gutiérrez, & Benetto, 2017)	Maximizar ingresos del agricultor	MILP	Solución exacta mediante el solver CPLEX	<p>* La suma del área dispuesta para cereales y hojas no puede superar el máximo de área disponible para cada año.</p> <p>* Se limita a que tanto el espacio dispuesto para las rotaciones de hojas o cereales ya establecidas para el modelo no superen el total de área disponible por año.</p> <p>* Se dimensiona el impacto total generado por el cambio del uso del suelo en cada rotación.</p> <p>* Se establece que el impacto ambiental total generado por las rotaciones debe ser menor o igual a cero.</p> <p>* Se aseguran de establecer solo una rotación para el horizonte de tiempo que comience únicamente por un cultivo de cereal o uno de hojas.</p>
(Li, Rodriguez, Zhang, & Ma, 2015)	Maximizar ingresos de los agricultores	MILP	El modelo se soluciona con un algoritmo heurístico que se basa en la aplicación de la distribución Softmax Boltzmann	<p>* Se aseguran de que un cultivo sea plantado por un granjero, una sola vez.</p> <p>* Hay que asegurar que el área dispuesta para un cultivo sea más de lo requerido (la demanda).</p> <p>* Lograr que el periodo de producción de cada granjero no sea superior al horizonte de rotación para toda la producción.</p> <p>* Una restricción que asegura que los ingresos de todos los granjeros se mantendrán dentro del umbral promedio de ingresos totales.</p>

REFERENCIA	FUNCIÓN OBJETIVO	MODELO	MÉTODO SOLUCIÓN	RESTRICCIONES
(You & Hsieh, 2017)	Maximizar ingresos de los agricultores	MILP	El modelo se soluciona a través de un algoritmo heurístico	<ul style="list-style-type: none"> * Nivel de inventario para cada tipo de vegetal durante cada periodo. * Se aseguran de sembrar solamente en la época de siembra y cosechar dentro de los límites establecidos para la cosecha. * No exceder el total de área disponible para cada granja de producción con cualquier grupo de vegetales. * Asegurar que el rendimiento no sea inferior a lo necesario para satisfacer la demanda y se complementa con una restricción que permita cumplir la demanda. * Se aseguran de permitir el tiempo suficiente para la producción de un determinado vegetal y garantiza la rotación para otro cultivo de otra familia de vegetales. * Se establece un tiempo suficiente para la recuperación del suelo cuando se dispone a cultivar dos vegetales de la misma familia.
(Haneveld & Stegeman, 2005)	Maximizar ingresos de los agricultores	MILP	Se soluciona a través de un método heurístico	<ul style="list-style-type: none"> * Restricción que asegura que haya una rotación de cultivos sin exceder el área total dispuesta. * El área dispuesta para cada sucesión de cultivos, no supere el total de área disponible. * Los costos de operación no superen el presupuesto disponible. * Una restricción que orienta el punto de partida para la siguiente rotación, teniendo en cuenta la última sucesión que fue establecida.
(Pakawanich, Udomsakdigool, & Khompatraporn, 2020)	Maximizar ingresos de los agricultores	MILP y RM ^e	Ambos modelos se solucionan con un método exacto mediante el Gurobi Solver	<ul style="list-style-type: none"> * Se limita a que el área ocupada por cada cultivo no exceda el total de área disponible para todos los granjeros. * La producción de todos los granjeros

REFERENCIA	FUNCIÓN OBJETIVO	MODELO	MÉTODO SOLUCIÓN	RESTRICCIONES
				<p>debe cumplir con la demanda de los clientes.</p> <p>* Los ingresos por agricultor deben estar entre los límites del promedio de ingresos de todos los agricultores de la cooperativa.</p> <p>* Restricción de rotación de cultivos, asegurando que no se produzca sucesivamente cultivos de la misma familia botánica.</p> <p>* Si se agina a un granjero un cultivo, el granjero debe cumplir al menos con la porción de tierra que cubra los costos fijos de producción.</p>
(Sarker, Talukdar, & Anwarul Haque, 1997)	Maximizar la producción obtenida en un año de cosecha	LP	Solución exacta a través del programa QSOM	<p>* Lograr cumplir con la demanda de cada año, teniendo en cuenta la producción y las importaciones. Sin embargo, se establece que, para ciertos productos solamente se cumplirá la demanda con producción local.</p> <p>* El área disponible por cada tipo de parcela no debe ser mayor al total de cada tipo de área disponible para ser utilizada por periodo.</p> <p>* La cantidad de dinero invertida en la producción de cultivos no debe superar el capital disponible.</p> <p>* El área dispuesta para cultivos dobles o triples deben ser dispuestas en igual proporción para cada cultivo.</p> <p>* Se limita a que determinados cultivos no puedan exceder un área específica, debido a que afectan la calidad del suelo.</p> <p>*Se limita a que ciertos cultivos no puedan exceder la cantidad que se importa o exporta.</p>

REFERENCIA	FUNCIÓN OBJETIVO	MODELO	MÉTODO SOLUCIÓN	RESTRICCIONES
(Singh, Jaiswal, Reddy, Singh, & Bhandarkar, 2001)	Maximizar el rendimiento de cada cultivo	LP	Solución exacta	<ul style="list-style-type: none"> * La suma de los requerimientos de agua de cada cultivo, no supere el total de agua disponible. * El área dispuesta para cada cultivo, no supere el área total disponible para cada periodo. * Lograr que la cantidad de producción de cada cultivo sea al menos la demanda de alimento necesaria. * Restringir a que el área de cada cultivo no supere el valor máximo permitido.
(Huang, Yang, & Kuo, 2020)	Maximizar ingreso de producción en una fábrica de plantas	MILP	Se soluciona a través de un proceso de descomposición, una relajación lagrangiana.	<ul style="list-style-type: none"> * Se aseguran de que la cantidad cultivada se mantenga igual durante el estado de plántula, de madurez y en la transición de estados. * Si hay sucesión de cultivos, el número de cultivos siguiente no puede superar al total del periodo anterior. * Calculo del total de producto obtenido por un cultivo o por una sucesión de cultivos, si se presenta el caso. * Suma de producción de cultivos por cosecha y por tipo de cultivo. * Asegurarse que el volumen ocupado por los cultivos no supere el volumen máximo.
(Haq, Parveen, Hussain, & Hussain, 2020)	Maximizar ingresos de los agricultores	LP	Solución exacta a través del método Simplex	<ul style="list-style-type: none"> * Mano de obra * Proporción de uso de fertilizante * Limite de capital para ser usado * Asignación de área a cada cultivo.

REFERENCIA	FUNCIÓN OBJETIVO	MODELO	MÉTODO SOLUCIÓN	RESTRICCIONES
(dos Santos, Costa, Arenales, & Santos, 2010)	Maximizar la rentabilidad obtenida en la producción.	LP	Se soluciona a través de un algoritmo de generación de columnas	<p>MODELO DE ROTACIÓN: Se presentan restricciones que aseguran que un cultivo de una misma familia no sea plantado consecutivamente y que se respete la presencia de cultivos de abonos verdes y periodos de barbechos entre las rotaciones.</p> <p>MODELO DE DEMANDA:</p> <p>* Asegurar que la cantidad de cultivos del calendario de producción elegido cumpla al menos con la demanda del periodo.</p> <p>* Limitar a que solo el área disponible para cada periodo sea usada.</p>
(de Oliveira, Delgado, Ventura, Cruz, & Rodrigues, 2019)	Maximizar el peso neto por animal y ofrece la mejor selección de cultivos	BIP	Se soluciona a través del solver de MATLAB	<p>* Solo pueden ser aginados cultivos para los 4 primeros periodos.</p> <p>* Un cultivo no puede ser plantado sucesivamente.</p> <p>* Después de un periodo de pastos, se debe sembrar algún tipo de cultivo.</p> <p>* Se restringe cuales deben ser los cultivos sucesores, dependiendo del cultivo que esté presente en el presente periodo.</p>
(Muhammed Jaslam, Joseph, Paul Lazarus, & Rakhi, 2018)	Maximizar ingresos de los agricultores	LP	El modelo se solucionó con el método simplex, usando el software LINGO	<p>* Cumplimiento de la demanda</p> <p>* Asegura que no se utilice más del área disponible.</p> <p>* Permitir la presencia de cultivos permanentes en un porcentaje del espacio disponible.</p> <p>* No superar el valor total de recursos para ser invertidos por cada granjero.</p>

^a BIP – Binary Integer Programming

^b MC – Marckov Chains

^c MILP – Mixed Integer Linear Programming

^dLP – Linear Programming