

## **Modelo de Simulación de Alternativas de Productividad para Apoyar los Procesos de Toma de Decisiones en Empresas del Sector Floricultor Antioqueño**

**Diego L. Zapata-Ruiz<sup>(1)\*</sup> y Juan C. Oviedo-Lopera<sup>(2)</sup>**

Univ. Pontificia Bolivariana, Esc. Ingenierías, (1) Facultad Ing. Industrial, (2) Facultad Ing. Agroindustrial, Cr.1 No. 70-01, Medellín-Colombia (e-mail: [diego.zapata@upb.edu.co](mailto:diego.zapata@upb.edu.co))

\* Autor a quien debe ser enviada la correspondencia

*Recibido Feb. 21, 2018; Aceptado May. 7, 2018; Versión final Oct. 12, 2018, Publicado Abr. 2019*

---

### **Resumen**

Este estudio analizó los resultados obtenidos al intervenir un grupo de cinco empresas del sector floricultor del departamento de Antioquia en Colombia, dedicadas a la producción de flores de exportación. Se aplicó el Modelado de Procesos de Negocio (MPN), permitiendo la identificación y recolección de datos asociados a las variables críticas del proceso productivo en sus distintas fases. Posteriormente, se realiza una simulación del proceso, con el fin de encontrar cuál debería ser la utilización de los recursos disponibles que optimicen su productividad. Se determinaron las características asociadas a la competitividad de este tipo de empresas y se plantearon tres escenarios en los que se observa la rentabilidad al variar el tipo de flor que se cosechaba, la demanda y el cambio de la divisa.

*Palabras claves: simulación discreta; dinámica de sistemas; sector floricultor colombiano; productividad; competitividad*

## **Simulation Model of Productivity Alternatives to Support Decision Making Processes in Companies of the Sector Floricultor Antioqueño**

### **Abstract**

The present study analyzes the results obtained in the group of companies from the floriculture sector of Antioquia - Colombia, dedicated to the production of export flowers, in which a general description of the model of processes was developed under the notation of Modeling De Business Processes (MPN), allowing the identification and collection of data associated with the critical variables of the production process in its pre-harvest and postharvest phases. Subsequently, a simulation of the production process is performed to determine which should be the use of the available resources that optimize its productivity. The characteristics associated to the competitiveness of this type of company were determined and three scenarios were considered. In these scenarios profitability is observed by varying the type of flower that was harvested, the demand and the change of currency.

*Keywords: discrete simulation; system dynamics; Colombian floriculture sector; productivity; competitiveness*

## INTRODUCCIÓN

La floricultura es una actividad que incluye el cultivo, producción y comercialización de una amplia variedad de plantas y sus respectivas materias primas. Los cultivos de floricultura generalmente se desarrollan en un ambiente controlado o en un invernadero; entre los servicios y productos se destacan las flores para empresas o jardines, diseños para cultivo, producción y venta de partes de plantas o esquejes, además de diseños florales, flores cortadas, follaje, plantas en macetas, plantas de jardín, diseño y manejo de viveros, entre otros. (Miller, 2017; Newman, 2011; Martsynovska, 2011). Para el año 2013, a nivel internacional, las exportaciones del sector floricultor generaron unas ganancias de aproximadamente 20,6 billones de dólares (Radobank Industry, 2015). El desarrollo de la floricultura en Colombia, comienza en la década de 1960, caracterizándose por ser una actividad de rápido crecimiento que emplea un modelo de agricultura intensiva, siendo la actividad agrícola con más mano de obra por hectárea, además de asociar un elevado número de profesionales de diversas disciplinas (Asocolflores, 2015). De manera particular, la floricultura surgió orientada hacia el mercado externo y Colombia actualmente ocupa el segundo lugar a nivel mundial, después de Holanda, como país exportador. La posición de Colombia se ha reforzado como resultado de la demanda del mercado de Estados Unidos, el cual ofrece ventajas absolutas y comparativas tanto para la producción como para la comercialización (Arango, 2015). Para el año 2016, el sector floricultor colombiano representaba el 5% de las exportaciones nacionales, cifra que ha permanecido en los últimos 5 años con un leve decrecimiento desde 2014, ocupando el tercer puesto como sector exportador, después del petróleo y sus derivados (44%) y el café (7%). El departamento de Antioquia, representa un 27% de las exportaciones nacionales, ocupando el segundo lugar, después del departamento de Cundinamarca (72%), donde su principal destino es Estados Unidos con un 75% (Superintendencia de Sociedades, 2016).

A lo largo de los años, las grandes potencias productoras agrícolas han tenido un marcado proteccionismo hacia el sector primario de su economía, haciendo grandes esfuerzos para que éstas aumenten su productividad, de manera que esto les permita competir en un entorno global. (Gatrel et al., 2009; Verdouw et al., 2013; Páez et al., 2014). En Colombia se ha tratado de hacer lo mismo, sobre todo porque se percibe un alto crecimiento de la industria floricultura, sin embargo, enfrenta problemas como el aumento de los costos de producción frente a la volatilidad en los precios internacionales, los programas de control de estupefacientes dificultan los envíos de flores, debido a un mayor número de inspecciones, la demora en las exportaciones que puede llevar a la disminución de la calidad del producto, la falta de programas de investigación para resolver problemas agronómicos, fitosanitarios y de poscosecha y variación del riesgo cambiario, entre otros. Adicionalmente, si bien el sector floricultor colombiano goza de un crecimiento significativo y una representatividad importante en la última década, se cuenta con sistemas de producción basados en la experiencia de los socios fundadores, donde los procesos aún no han sido documentados, siendo esto una barrera para la gestión adecuada de su potencial. (Asocolflores, 2015). Sin embargo, el sector en términos de exportación ha tenido una notable acogida, permitiendo que lo que es producido es vendido en su gran mayoría, si se superan los inconvenientes de control y logística de transporte. Por lo mencionado, se hace importante utilizar herramientas cuantitativas de administración para el mejoramiento de la rentabilidad, analizando diversas variables que pueden ser medidas y validadas de forma estadística y posteriormente ser simuladas para determinar alternativas que mejoren el beneficio marginal de los factores de producción (Saripalle, 2016).

Dentro de las herramientas que apoyarían los procesos administrativos, se destacan la simulación discreta y los modelos de dinámica de sistemas. La Simulación Discreta (SD), se define como una técnica informática de modelado dinámico de sistemas o procesos, en la que se imita un proceso real a medida que avanza en el tiempo; la operación de un sistema real se representa como una secuencia de eventos discretos que ocurren durante un periodo. Cada evento ocurre en un instante particular en el tiempo y marca un cambio de estado en el sistema. Los primeros desarrollos en SD se basaban principalmente en la industria manufacturera. La SD se ha empleado entre otros, para anticipar la evolución de sistemas complejos, donde múltiples factores hacen que sea difícil o incluso ineficaz resolver por enfoques estáticos y/o analíticos. Adicionalmente, permite crear un archivo digital, comúnmente utilizado para el diseño de las operaciones de sistemas de fabricación incluidas las operaciones de planificación y programación en tiempo real. La SD se ha empleado, entre otras, para la industria de productos agrícolas, químicos, alimentos, automotriz, cuidado de la salud y construcción (Furian et al., 2015; Golzarpoor et al., 2017; Kouki et al., 2017; Negahban y Smith, 2014; Rodríguez, et al. 2018). Por su parte la Modelación de Sistemas Dinámicos (MSD), es una herramienta de construcción de modelos de simulación, que combina estructura, función y enfoque histórico de un proceso, donde además se almacenan experiencias, para explicar la naturaleza del comportamiento de un sistema. Esta metodología, examina cómo los ciclos de retroalimentación, acumulaciones y demoras, entre varios factores, influyen en el comportamiento de un sistema complejo a lo largo del tiempo. La MSD se emplea para evaluar la estructura fundamental de situaciones complejas identificando patrones que causan el cambio del estado del sistema en el tiempo, permitiendo apoyar los procesos de toma de decisiones bajo un contexto empresarial. (Franco et al., 2018; Neiger y Churilov, 2004; Ruutu et al., 2017; Zhang et al., 2017).

Estos paradigmas de modelación hacen parte de los métodos cuantitativos, que se fundamentan en los métodos estadísticos para la descripción de la naturaleza de las variables y factores que hacen parte del sistema. En el presente contexto de aplicación, dichos paradigmas, permiten la replicación de la situación real, con el fin de diseñar alternativas o escenarios que apoyen los procesos de toma de decisiones, siendo la SD un paradigma describe la ocurrencia de eventos dentro de las operaciones de los proceso en base a las capacidades y recursos, mientras que la MDS permite evidenciar el comportamiento y los cambios del sistema a través del tiempo, según los flujos y acumulaciones (Rodríguez, et al. 2018). Con relación a estos paradigmas, Fernández (2015) propone un modelo de optimización general para la industria de las flores, que se define mediante el uso de simulación discreta y optimización no lineal, cuyos modelos matemáticos fueron resueltos mediante el uso de herramientas de simulación Promodel y la optimización de Gams. Define las operaciones que constituyen la producción y comercialización del sector, datos validados tomados directamente de cada operación a través de un trabajo de campo, el modelo de simulación discreta de las operaciones y el modelo de optimización lineal de la cadena de la industria.

Por su parte Leutscher, et al. (1999), apoyaron por medio de la simulación la toma de decisiones operativas en la producción de plantas de maceta en condiciones de incertidumbre, respecto al crecimiento de los cultivos y formación de precios. El principal objetivo de dicho estudio fue explorar las oportunidades para mejorar la gestión del rendimiento de los procesos de toma de decisiones operativas, en la ejecución de un plan de producción táctica, formulando así las estrategias que apoyan el proceso de toma de decisiones. A manera de conclusión proponen que la "...toma de decisiones operativas en la producción de planta de maceta no puede reducirse a una selección normativa de la "óptima" estrategia. En cambio, las metas más intangibles de los productos deben ser tomados en consideración, además de los objetivos económicos comunes, en el proceso de toma de decisiones y de cómo esta debe ser reconocida como una parte importante de la gestión agrícola." También indican que los modelos basados en las investigaciones de los sistemas de producción pueden ayudar a los productores a mejorar sus habilidades de gestión en relación con el diseño y control del sistema. Su metodología apoya al productor para hacer frente a la información disponible sobre procesos individuales dentro del sistema, así como para explorar las opciones para la gestión de los sistemas de producción en diversas condiciones.

Por otra parte, el modelo basado en las investigaciones de los sistemas de producción puede establecer principios generales para el apoyo directo en la toma de decisiones. Adicionalmente, Pérez, et al., (2010), presentan la aplicación de una propuesta metodológica para el mejoramiento de procesos. Se hace con base en el enfoque Harrington para el mejoramiento de procesos y la Ingeniería de Métodos, en una empresa dedicada al cultivo de flores tipo Snapdragon. A partir de allí construyen un esquema de mejoramiento para los procesos críticos durante la producción de la flor, con el fin de aumentar la competitividad en la empresa. Ahora bien, el objeto del presente estudio, radica entonces, en el diseño de alternativas de producción para un conjunto de 5 empresas (Parcelaciones) del sector floricultor del departamento de Antioquia, a partir de la identificación y documentación del proceso de cosecha y poscosecha bajo la metodología BPNM (Business Process Model and Notation), analizando los resultados obtenidos al intervenir las empresas dedicadas a la producción de Hydráneas (Hortensias) de exportación, donde se desarrolló una simulación del proceso productivo a través de SD, con el fin de encontrar cuál debía ser la utilización de los recursos disponibles que optimicen sus indicadores de productividad, permitiendo así, el planteamiento de escenarios futuros en torno a la rentabilidad bajo un MSD.

## **METODOLOGÍA**

La marca Santini Flowers agremia 5 empresas aledañas (Parcelaciones) del sector floricultor antioqueño, dedicada a la producción y comercialización internacional de flores, su producción se centra principalmente en la hidrangea (Hydránea macrophylla), la Mini-cala (Calla palustris) y el ruscus Israelí (Ruscus hypoglossum). Dicha agremiación surge con el fin de incrementar las cuotas de producción requeridas para la atención de la demanda. El estudio se lleva a cabo en las 5 empresas o parcelaciones agremiadas bajo la marca Santini Flowers.

El enfoque metodológico del presente trabajo, consta de varias etapas que son: la identificación de variables asociadas a los procesos productivos, el levantamiento de datos con un diseño experimental completamente aleatorizado, la representación computacional a través de la simulación basada en eventos de tipo discreto, la validación estadística de resultados, el planteamiento de escenarios a partir de modificaciones en las variables asociadas a los procesos, y posteriormente, la inclusión de los resultados de simulación discreta en un modelo de dinámica de sistemas para la simulación de la rentabilidad de las empresas considerando variaciones en el precio del dólar y las variaciones de los porcentajes de cada tipo de flor cultivada según sus ciclos de producción.

### *Variables del proceso de producción de flores*

A continuación, se presenta una explicación de las variables asociadas al proceso de poscosecha: 1) Corte: Se encarga de cortar las flores necesarias para suplir la demanda de las empresas, este es realizado en el bloque que tenga el ciclo de productividad más alta; 2) Deshoje: Esta actividad se encarga de recibir las flores provenientes del corte y eliminar las hojas del tallo para mejorar la presentación del producto; 3) Agrupe: Una vez se eliminan las hojas de las flores, el trabajador toma un grupo de 30 flores; 4) Empareje: Cuando las flores han sido agrupadas, se realiza el emparejamiento de sus tallos para que sean transportados con mayor facilidad; 5) Drench: Esta actividad se encarga de realizar el lavado a cada grupo de 30 flores con el fin de eliminar impurezas; 6) Secado: Una vez se haya realizado el lavado de las flores, estas deben secarse totalmente durante un tiempo de 4 horas al sol para continuar con el maquillaje, 7) Maquillaje: En esta actividad se retiran los pétalos de la flor que se encuentren maltratados o con enfermedades, esto con el fin de garantizar una mejor presentación del producto; 8) Hidratación: En esta actividad se encarga de colocar un mecanismo de hidratación en cada tallo de flor, para garantizar su correcta hidratación en el viaje hasta el cliente; 9) Boncheo: Se encarga de colocar una capucha delgada de plástico que protege los pétalos de la flor durante el viaje; 10) Empaque: Cuando se tiene la flor hidratada y boncheada se realiza el empaque de las flores en cajas para ser exportadas.

Variables exógenas y de apoyo: 11) Demanda: Es la cantidad de producto terminado que los clientes requieren; 12) Distribución de la mano de obra: En la simulación se realizan variaciones de la cantidad de mano de obra entre procesos críticos y procesos no críticos, para determinar cómo se comportarán los tiempos con estos cambios; 13) Manejo del producto en proceso (Entidades): Se varían algunas características de los productos en proceso que se manejan en las empresas y a su vez la manera como circulan a través del flujo productivo; 14) Ciclos de crecimiento de las flores: Las flores tienen un ciclo de producción que dura aproximadamente 18 semanas; 15) Tipo de flor (minigreen o Hydrácea select): Las empresas actualmente cuentan con varios tipos de Hydráceas. Las comparaciones se realizan entre la Hydrácea select (Hortensia) y la Hydrácea minigreen (una Hydrácea “inmadura”) con el fin de definir en qué medidas se debe producir cada una de estas para lograr una máxima rentabilidad.

Variables de decisión: 16) Productividad: Es la capacidad que tiene una empresa de utilizar eficientemente sus recursos para producir mayores cantidades de flores. Esta variable será dependiente de las variables del proceso productivo y la intención es buscar el óptimo, es decir, variar el destino o la ubicación de los recursos para observar los niveles de producción. 17) Rentabilidad: Es la capacidad que tiene una empresa para generar ingresos a partir de una inversión dada; en realidad esta variable será dependiente de todas las demás y, por consiguiente, la más importante.

### *Documentación de procesos*

De la Fig. 1 a 4 se presentan los procesos de negociación, precosecha mantenimiento y poscosecha genéricos para las 5 empresas, documentados en BPMN, que permiten el control de las diferentes secuencias de actividades de su actividad económica.

En la Fig.1. se puede apreciar el proceso de negociación de las empresas, que comienza con una solicitud que puede ser de un cliente nuevo o de un cliente antiguo. Cuando se trata de un cliente antiguo, se debe llegar a un acuerdo con el cliente en términos de Incoterms (Términos de negociación internacional), cantidad y precio; si se logra llegar a un acuerdo, entonces se hará el despacho dependiendo del Incoterm negociado: Si se trata de FCA (Free Carrier), entonces la mercancía se transportará únicamente hasta el aeropuerto internacional José María Córdoba - Antioquia y el cliente se encargará de recogerla allí; y si por el contrario el Incoterm negociado es CIF (Cost, Insurance and Freight), la mercancía será llevada al aeropuerto internacional convenido con el cliente y el cliente se encargará de recogerla allí.

Cuando se trata de un cliente nuevo con el que no existen experiencias previas de comercio, se procede a verificar las referencias de dicho cliente (generalmente con empresas floricultoras de la misma región); si es un cliente confiable, entonces se procederá a realizar toda la negociación como si éste fuese un cliente antiguo, de lo contrario, se le pedirá un pago por anticipado al cliente; si se logra llegar a un acuerdo con el cliente potencial, entonces se verificará la consignación bancaria previa al envío de la mercancía, si dicha consignación no existe, entonces el producto no se envía; y si se verifica que la consignación fue realizada, entonces el producto se envía al cliente con los términos de negociación internacional pactados.

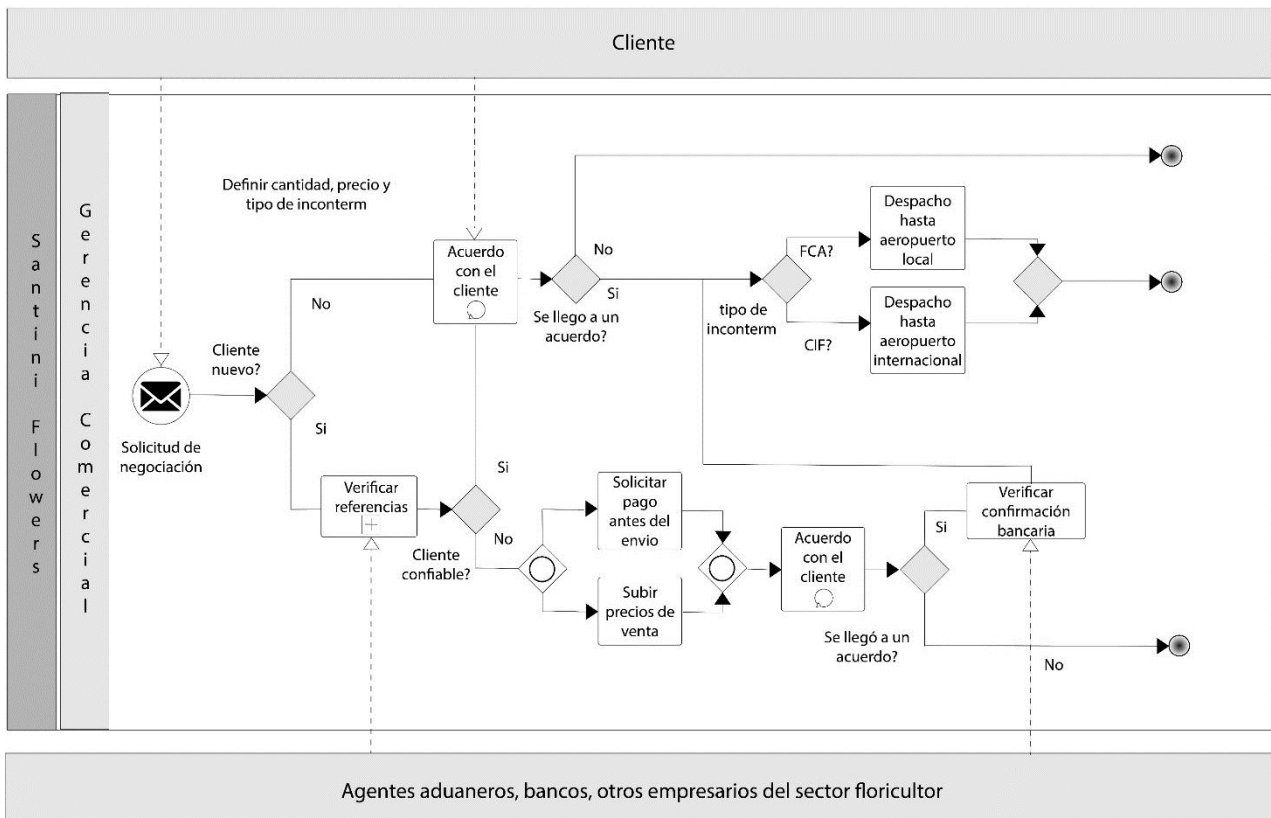


Fig. 1: Proceso de Negociación.

En la Fig.2. y en la Fig.3. Se puede observar el proceso de precosecha y el proceso de mantenimiento y cuidado de la planta en la producción de flores. Lo primero que se debe tener en cuenta de la precosecha de la flores es la disponibilidad de esquejes; si no se poseen, se debe realizar una compra de los mismos, si se poseen esquejes propios, entonces se procede a preparar el terreno (Arar la tierra, realizar el encalamiento y realizar el zurcamiento), mientras se hace este proceso, se deja enraizar el esqueje en unas camas especiales; cuando el esqueje esté listo, se procede a trasplantarlo a las parcelas de la finca adecuadas para el crecimiento de las flores. Una vez plantadas en campo, las flores son cuidadas cada día por medio, dichos cuidados consisten en abonar, regar, esparcir insecticidas y fungicidas, quitar malezas y realizar podas; tal como se puede observar en la Fig. 3. Una vez las flores estén listas para ser cortadas, se procede a cosechar la flor (Actividad de corte).

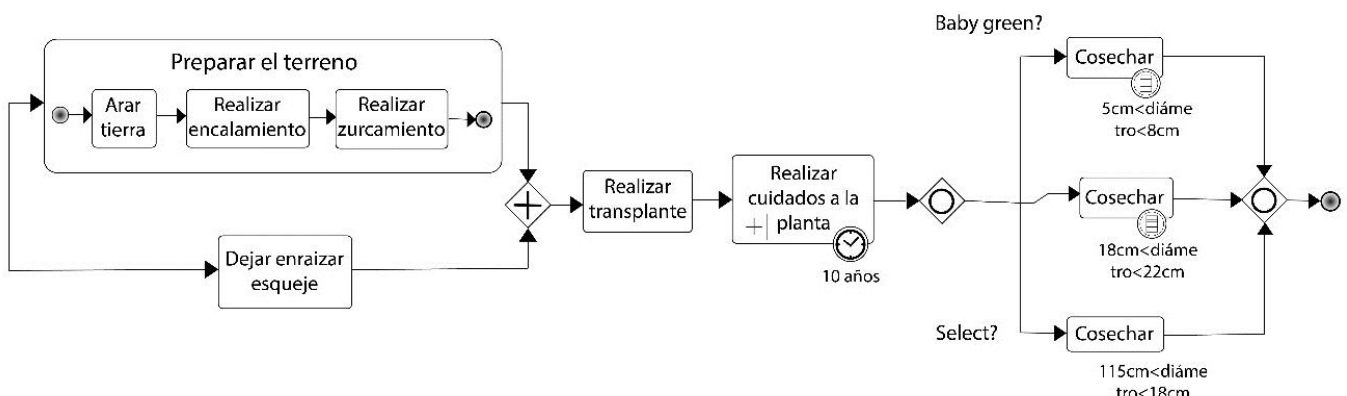


Fig. 2: Proceso de precosecha.

En la Fig.4. se puede observar el proceso de poscosecha de la producción de flores. Los tiempos de las actividades de la cadena productiva fueron medidos y validados con Staffit, el complemento estadístico del software Promodel®.

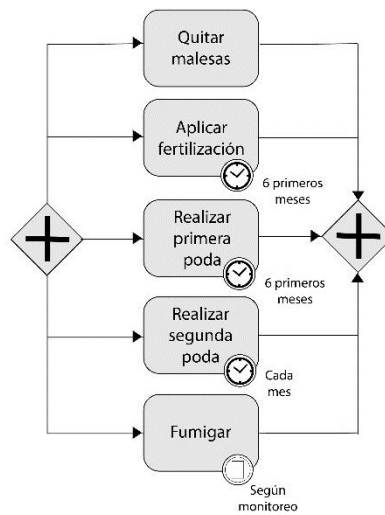


Fig. 3: Proceso de mantenimiento

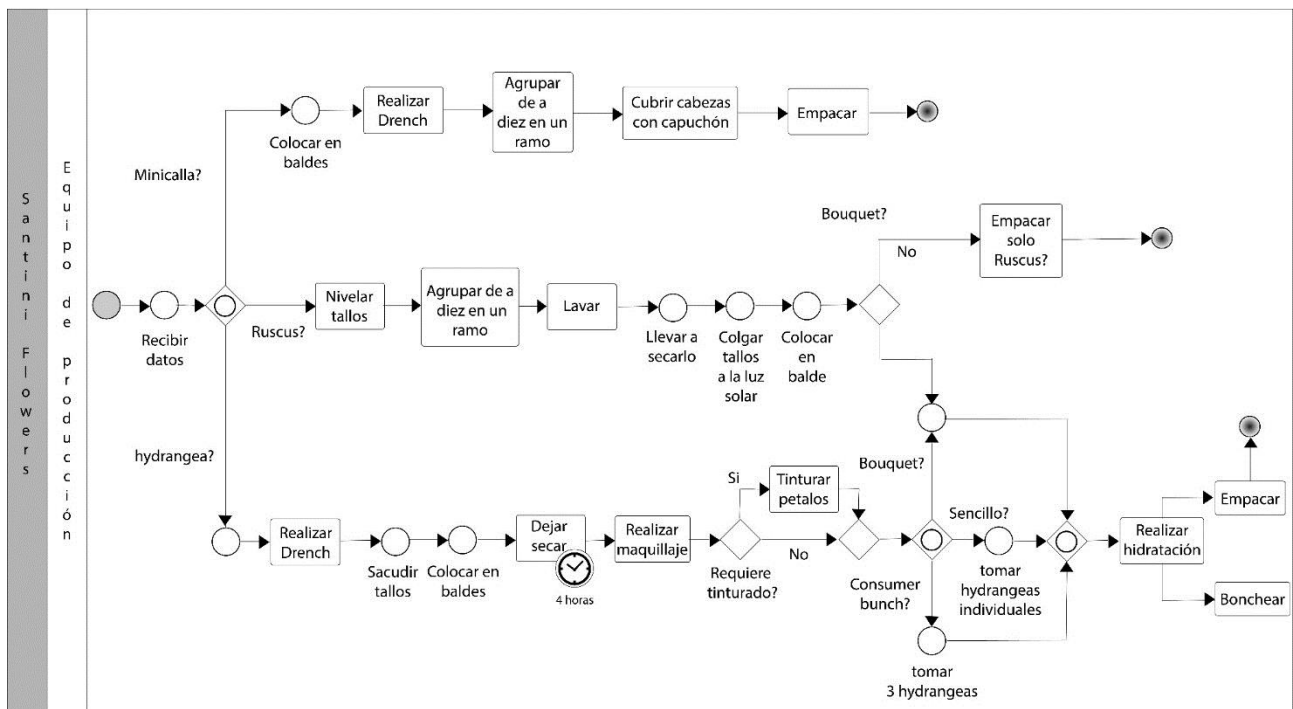


Fig. 4: Proceso de poscosecha.

**Simulación de Escenarios**

Con el fin de presentar diferentes alternativas de mejora en el ciclo productivo de las empresas, se plantean tres escenarios, en los que se modifica el comportamiento de las actividades del proceso: Una vez modelados los procesos de negocio e identificadas las variables asociadas a los procesos, se replica computacionalmente la situación actual del modelo productivo para las 5 parcelas, identificando la asignación de los recursos, recursos limitantes o cuellos de botella y tiempos de producción. Posteriormente, a partir de los recursos actuales, se realizan reasignaciones lógicas a partir de la experiencia de los stakeholders, las cuales fueron modeladas en escenarios futuros, evidenciando las variaciones en la productividad y en la rentabilidad.

Escenario 1: Ubicar 2 operarios de maquillaje en corte (1 cortando y el otro apoyando el transporte de productos); Escenario 2 - Usar un recipiente con capacidad para 40 flores; Escenario 3: Usar un balde con capacidad para 40 flores y dos cortadores transferidos desde maquillaje. En este escenario, al igual que en el escenario 2, todas las actividades toman más tiempo.

*Modelo de simulación discreta*

El modelo de simulación discreta, comprende una simulación del estado actual de las empresas, y tres simulaciones de escenarios hipotéticos en los que se espera que la productividad del sistema mejore; dicha simulación se llevó a cabo en el software Promodel.

*Simulación estado actual*

Se desarrolla un modelo genérico del comportamiento actual de la cadena productiva, simulado durante una semana, lo que permitió determinar que las actividades con mayor tiempo de procesamiento por entidad son Corte, Maquillaje e Hidratación. Es importante resaltar que los datos entregados por el software para las actividades Corte y Maquillaje no tienen en cuenta que dichas actividades cumplen la función de almacenar flores que crecen y que deben esperar al día siguiente para continuar con el proceso normal, por tal motivo, se considera que la actividad Hidratación es el “cuello de botella” con un tiempo promedio por entidad de 93,83 minutos, y no las actividades Corte y Maquillaje. También se observa que la planta actualmente tiene una productividad de 6500 flores por semana. De manera complementaria se analizan los recursos, en donde se encuentra que los cortadores tienen un porcentaje de utilización del 99,9% por lo que se determina que dicho recurso puede estar sobre explotado.

**RESULTADOS**

A continuación, se presentan los datos tomados sobre los tiempos de proceso en la Tabla 1 y en la Tabla 2. Que representan la duración de cada operación del proceso de poscosecha. Estos tiempos se representan en minutos por balde y fueron tomados para ajustar y validar el tipo de distribución de probabilidad que fueron incluidas en los modelos de simulación.

Tabla 1: Tiempos de las variables de los procesos (medidas en minutos/balde)

<i>Corte</i>	<i>Transporte corte-deshoje</i>	<i>Deshoje</i>	<i>Agrupe</i>	<i>Emparejar Tallos</i>	<i>Llevar Balde</i>	<i>Regreso</i>
5,34	0,32	1,92	6,14	1,23	1,30	1,15
7,70	0,37	1,69	5,67	1,33	1,32	0,92
6,82	0,35	1,93	5,39	1,08	1,62	0,71
5,48	0,30	1,84	6,01	1,19	0,91	0,84
3,55	0,29	1,74	6,17	1,45	0,86	1,06
8,00	0,31	1,61	5,66	0,89	1,39	0,77
4,60	0,32	1,87	6,59	1,55	1,29	1,16
5,06	0,31	1,91	6,01	1,21	1,04	0,88
2,30	0,34	1,95	5,57	1,41	1,49	1,00
5,45	0,35	1,69	5,72	1,80	0,99	0,77
4,68	0,29	1,74	6,21	1,50	1,12	0,94
3,21	0,31	1,73	5,71	1,84	1,07	1,12
3,91	0,29	1,80	5,79	1,52	1,17	0,89
6,52	0,31	2,27	5,74	1,71	1,63	1,00
7,50	0,33	1,85	5,97	1,54	1,31	0,94
6,50	0,28	2,22	6,22	1,31	1,03	1,09
7,00	0,27	1,68	6,36	1,58	1,59	0,74
3,50	0,33	1,85	5,64	1,23	0,98	0,84
5,50	0,28	1,64	6,57	1,22	1,54	0,76
3,85	0,34	1,92	6,72	1,46	0,96	1,08
2,75	0,36	1,99	5,56	1,29	1,19	0,72
4,40	0,29	2,04	6,61	1,61	1,11	0,88
2,75	0,27	1,93	6,67	0,95	1,03	1,14
2,75	0,32	2,18	6,46	1,19	1,42	0,91
7,15	0,32	1,77	6,17	1,32	1,39	1,05

En las Tablas 2 y 3 se presenta la validación estadística para cada actividad, la distribución de probabilidad estadística que sigue, y los valores p de significancia, para las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling.

Tabla 2: Tiempos de las variables de los procesos. (Medidas en minutos/balde)

<i>Drench</i>	<i>Secado</i>	<i>Maquillaje</i>	<i>Hidratación</i>	<i>Boncheo</i>	<i>Empaque</i>
4,34	240	10,96	10,46	2,76	1,95
4,65	240	13,63	10,52	3,63	1,88
4,89	240	19,76	12,9	3,64	2,59
4,92	240	12,11	13,67	3,35	1,81
4,1	240	19,07	12,69	3,15	2,02
4,05	240	8,86	13	3,22	2,3
4,64	240	17,84	12,44	2,87	2,54
4,49	240	8,34	12,06	3,04	2,44
4,45	240	8,49	13,85	3,22	2,42
4,02	240	8,56	13,01	3,6	2,27
4,12	240	4,69	12,68	3,14	2,09
4,82	240	13,09	12,35	3,49	2,35
4,6	240	5,92	13,18	3,44	2,52
4,02	240	4,64	11,34	2,97	2
4,17	240	4,82	12,01	3,54	2,52
4,09	240	4,6	14,85	2,74	2,22
4,14	240	3,76	10,84	2,99	2,39
4,5	240	11,32	10,68	2,77	1,89
4,55	240	32,4	12,18	3	1,95

Tabla 3: Validación estadística para cada actividad.

<i>Variable</i>	<i>Tipo de distribución</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Valor P prueba de Kolmogorov-Smirnov</i>	<i>Valor P prueba de Anderson-Darling</i>
Corte	Lognormal	4,98	1,62	0,90	0,92
Transporte corte-deshoje	Lognormal	0,31	0,03	0,85	0,89
Deshoje	Lognormal	1,88	0,20	0,87	0,92
Agrupe	Uniforme	6,09	0,40	0,96	0,75
Emparejar Tallos	Normal	1,40	0,24	0,97	0,98
Llevar Balde	Lognormal	1,22	0,23	0,90	0,87
Regreso	Uniforme	0,94	0,14	0,97	1,00
Drench	Exponencial	4,41	0,30	0,62	0,28
Secado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Maquillaje	Lognormal	11,06	6,78	0,72	0,75
Hidratación	Lognormal	12,87	1,37	0,86	0,87
Boncheo	Normal	3,14	0,33	0,74	0,53
Empaque	Uniforme	2,20	0,23	1,00	0,82

El valor P de significancia para las pruebas estadísticas de Kolmogorov Smirnov y de Anderson Darling en cada una de las variables de proceso, muestran con un nivel de confianza del 95%, que no hay evidencias para rechazar la hipótesis de que cada proceso sigue el tipo de distribución de probabilidad indicado en la Tabla 3. De acuerdo a esto, se obtiene la simulación en los tres escenarios en el software Promodel® en los tres diferentes escenarios. En las Tablas 4 y 5, se muestran los resultados correspondientes al escenario 1.

En la Tabla 4, se evidencia que el tiempo de permanencia de las entidades en la actividad corte se disminuye en comparación del escenario actual; por otra parte, el proceso ahora es capaz de procesar 12.800 flores, es decir, la productividad mejora un 96.9%.



Tabla 4: Resultados Escenario 1 - Procesos

Nombre	Tiempo Programado (HR)	Capacidad	Entradas Totales	Tiempo Promedio por Entrada (MIN)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Corte	178,50	999999,00	12800,00	4398,66	5257,04	12800,00	80,00	0,53
Drench	178,50	999999,00	424,00	4,23	0,17	5,00	0,00	0,00
Maquillaje	178,50	999999,00	424,00	1107,36	43,84	108,00	0,00	0,00
Hidratación	178,50	999999,00	424,00	175,99	6,97	108,00	0,00	0,00
Boncheo	178,50	1,00	424,00	3,15	0,12	1,00	0,00	12,47
Empaque	178,50	1,00	424,00	2,22	0,09	1,00	0,00	8,78
Deshoje	178,50	999999,00	424,00	1,88	0,07	2,00	0,00	0,00
Emparejar	178,50	999999,00	424,00	2,81	0,11	4,00	0,00	0,00
Agrupe	178,50	999999,00	424,00	6,07	0,24	4,00	0,00	0,00
Secado	178,50	999999,00	424,00	240,00	9,50	90,00	0,00	0,00

En la Tabla 5 se puede observar que los cortadores se están utilizando al 99.9%, por lo que se puede decir que ahora los cortadores están siendo usados a su máxima capacidad.

Tabla 5: Resultados Escenario 1 – Utilización de recursos

Nombre	Unidades	Tiempo Programado (HR)	Número de utilizations	Tiempo Promedio de uso (MIN)	Tiempo Promedio de uso por viaje (MIN)	Tiempo promedio de viaje (MIN)	% Utilización
Cortador 1	1	20,04	212,00	5,36	0,31	0,32	99,89
Cortador 2	1	20,05	212,00	5,37	0,30	0,29	99,90
Cortadores	2	40,09	424,00	5,36	0,30	0,31	99,90
Transportador 1	1	20,35	232,00	2,62	1,19	1,25	72,23
Transportador 2	1	20,36	192,00	2,60	1,21	1,23	59,83
Transportadores	2	40,71	424,00	2,61	1,20	1,24	66,08

En el caso del escenario 2, se planteó un recipiente con capacidad para 40 flores; en este escenario es importante notar que todas las actividades del proceso toman más tiempo. En la Tabla 6 se puede observar los tiempos validados para cada actividad al procesar un balde de 40 flores; en la Tabla 7, se muestra la simulación del escenario mencionado.

Tabla 6: Validación de datos – Escenario 2

Variable	Tipo de distribución	Media	Desviación estándar	Valor P prueba de Kolmogorov-Smirnov	Valor P prueba de Anderson-Darling
Corte	Lognormal	6,64	2,17	0,90	0,92
Transporte corte-deshoje	Lognormal	0,42	0,04	0,85	0,89
Deshoje	Lognormal	2,51	0,26	0,87	0,92
Agrupe	Uniforme	8,13	0,53	0,96	0,75
Emparejar Tallos	Normal	1,87	0,33	0,97	0,98
Llevar Balde	Lognormal	1,63	0,31	0,90	0,87
Regreso	Uniforme	1,25	0,19	0,97	1,00
Drench	Exponencial	5,87	0,40	0,62	0,28
Secado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Maquillaje	Lognormal	0,49	0,30	0,72	0,75
Hidratación	Lognormal	17,15	1,82	0,86	0,87
Boncheo	Normal	4,19	0,44	0,74	0,53
Empaque	Uniforme	2,93	0,30	1,00	0,82

Como resultado de simular el proceso productivo con estas características, se encontró que la planta ahora se encuentra en capacidad de procesar 8400 flores, por lo que se evidencia que la productividad aumenta en 1900 flores, es decir aumenta un 23%. Ver Tabla 7.

Tabla 7: Resultados Simulación – Escenario 2

Nombre	Tiempo Programado (HR)	Capacidad	Entradas Totales	Tiempo Medio por Entrada (MIN)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	% Uso
Corte	170,68	999999	8440	4358,91	3591,87	8440	0,36
Drench	170,68	999999	211	5,39	0,11	4	0
Maquillaje	170,68	999999	211	1089,56	22,45	72	0
Hidratación	170,68	999999	211	132,01	2,72	72	0
Boncheo	170,68	1	211	4,2	0,09	1	8,65
Empaque	170,68	1	211	2,95	0,06	1	6,08
Deshoje	170,68	999999	211	2,5	0,05	4	0
Emparejar	170,68	999999	211	51,22	1,06	25	0
Agrupe	170,68	999999	211	8,21	0,17	8	0
Secado	170,68	999999	211	240	4,94	57	0

Según estos resultados, es posible determinar que la utilización del cortador y transportador es de 86,21% y 70,44% respectivamente, que, en comparación con la situación actual de las empresas, el porcentaje de utilización de los recursos se ha reducido. En lo referente, al escenario 3 (Usar un balde con capacidad para 40 flores y dos cortadores transferidos desde maquillaje), en este escenario, al igual que en el escenario 2, todas las actividades toman más tiempo. En la Tabla 8, se observan las distribuciones que sigue cada actividad y en la figura 8, se muestran los resultados de la simulación.

Tabla 8: Validación de datos – Escenario 2

Variable	Tipo de distribución	Media	Desviación estándar	Valor P prueba de Kolmogorov-Smirnov	Valor P prueba de Anderson-Darling
Corte	Lognormal	6,64	2,17	0,90	0,92
Transporte corte-deshoje	Lognormal	0,42	0,04	0,85	0,89
Deshoje	Lognormal	2,51	0,26	0,87	0,92
Agrupe	Uniforme	8,13	0,53	0,96	0,75
Emparejar Tallos	Normal	1,87	0,33	0,97	0,98
Llevar Balde	Lognormal	1,63	0,31	0,90	0,87
Regreso	Uniforme	1,25	0,19	0,97	1,00
Drench	Exponencial	5,87	0,40	0,62	0,28
Secado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Maquillaje	Lognormal	0,49	0,30	0,72	0,75
Hidratación	Lognormal	17,15	1,82	0,86	0,87
Boncheo	Normal	4,19	0,44	0,74	0,53
Empaque	Uniforme	2,93	0,30	1,00	0,82

En la Tabla 9 se puede apreciar que la utilización de los cortadores y los transportadores disminuyó 6,31% y 19,47% respectivamente, pudiéndose pensar en colocar a los operarios a ejecutar algunas actividades en su tiempo extra, tales como ayudar en el maquillaje, realizar labores de cuidado del cultivo, entre otras. Al analizar el comportamiento de las entidades a lo largo del proceso productivo, se observa que las entidades permanecen en espera un 74,88% del tiempo total de simulación. Haciendo las conversiones correspondientes (teniendo en cuenta que las empresas solamente trabajan un turno al día y la simulación representa las 24 horas del día, obtenemos que el tiempo real de espera, como se muestra en la ecuación 1:

$$\% \text{ Tiempo de espera} = 74,88\% - 66,6\% = 8,28\% \quad (1)$$

Lo que significa que realmente las entidades tienen un tiempo aproximado de espera de 8,28% del total de producción en un día. Para analizar la rentabilidad del modelo productivo de las empresas durante 2 años (104 semanas) se usó un modelo de dinámica de sistemas, que según Sterman (2000), permite la modelación de situaciones que cambian en el tiempo. La construcción de estos modelos se realiza a través de diagramas

causales y diagramas de Forrester, también llamados diagramas de flujos y niveles. Forrester (1962). El modelo construido puede ser observado en la Fig.5.

Tabla 9: Resultados Simulación Escenario 3

Nombre	Tiempo Programado (HR)	Capacidad	Entradas Totales	Tiempo Promedio Por Entrada (MIN)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	% Utilización
Corte	178,50	999999,00	16280,00	4642,88	7057,53	16280,00	0,71
Drench	178,50	999999,00	406,00	5,26	0,20	7,00	0,00
Maquillaje	178,50	999999,00	406,00	1069,25	40,53	124,00	0,00
Hidratación	178,50	999999,00	406,00	228,50	8,66	124,00	0,00
Boncheo	178,50	1,00	406,00	4,19	0,16	1,00	15,89
Empaque	178,50	1,00	406,00	2,92	0,11	1,00	11,09
Deshoje	178,50	999999,00	406,00	2,51	0,10	7,00	0,00
Emparejar	178,50	999999,00	406,00	57,57	2,19	63,00	0,00
Agrupe	178,50	999999,00	406,00	8,11	0,31	12,00	0,00
Secado	178,50	999999,00	406,00	240,00	9,10	113,00	0,00

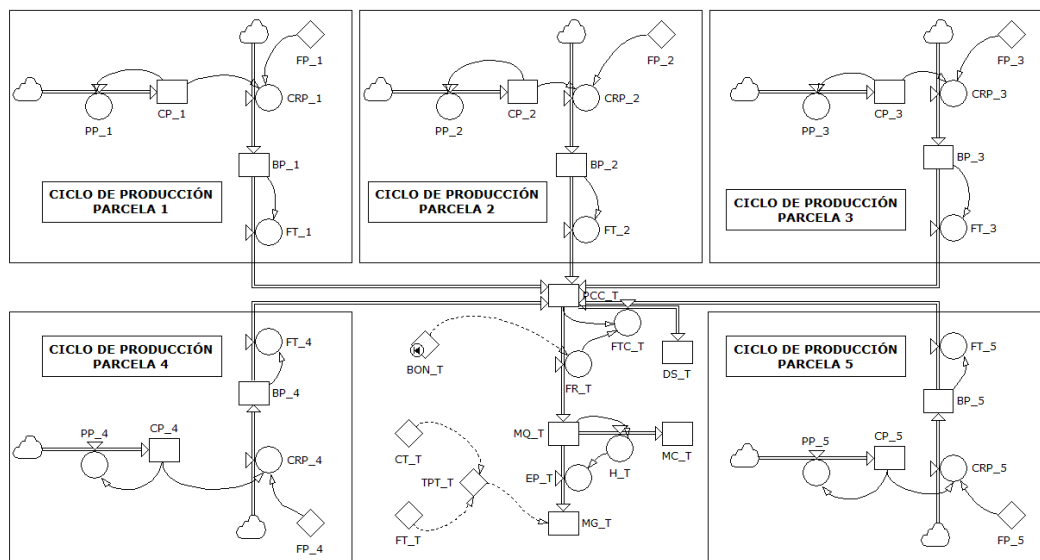


Fig. 5: Diagrama de Forrester.

Este modelo simula la rentabilidad, los desperdicios de producción y la eficiencia del cultivo, con el fin de determinar cuál es la manera más adecuada para asignar los recursos, buscando el máximo beneficio para las empresas. El modelo se divide en 2 partes, proceso de cosecha y proceso de poscosecha. En lo referente al proceso de poscosecha, éste proceso que se encuentra enmarcado dentro de los recuadros en la Fig.6., que representa el crecimiento de cada uno de los bloques o parcelas en donde están sembradas las Hydráneas, cada uno se encuentra programado con el ciclo productivo que se encuentra cada bloque. Ver Tabla 10.

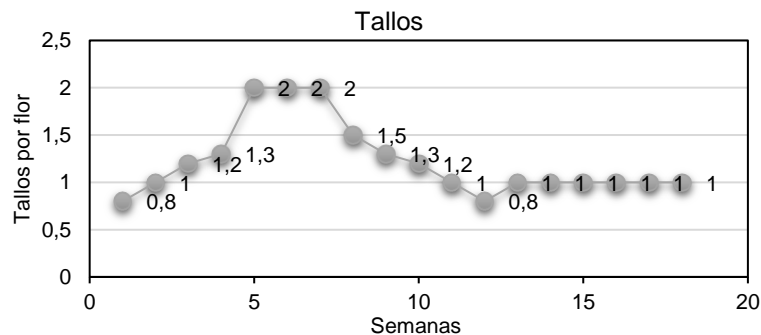


Fig. 6: Ciclos de productividad para la Hydránea por semana.

Tabla 10: Ciclos de productividad para la *Hydránga*

<i>Semana</i>	<i>Productividad (Tallos/semana)</i>
1	0,80
2	1,00
3	1,20
4	1,30
5	2,00
6	2,00
7	2,00
8	1,50
9	1,30
10	1,20
11	1,00
12	0,80
13	1,00
14	1,00
15	1,00
16	1,00
17	1,00
18	1,00

Igualmente, se generaron 3 escenarios diferentes para este modelo: el primero representa la rentabilidad de un cultivo que solo contempla la producción de *Hydránga select*, el segundo representa la rentabilidad de un cultivo que solamente contempla la producción de minigreen y, por último, un escenario que representa la rentabilidad de un cultivo mixto. A continuación, se presentan los resultados para el Escenario 3, cuyo modelo de rentabilidad fue mayor.

*Resultado de la Dinámica de Sistemas (Escenario 3) – Producción mixta de Hydránga tipo Select y Minigreen*

En el tercer escenario se hace un mix de producción para aprovechar de manera óptima la demanda de cada uno de estos productos. Sembrando un 10% del cultivo con minigreen y el 90% restante con *Hydránga select* se obtuvieron los siguientes resultados, en la Fig. 7 y la Tabla 11.

Tabla 11: Resultados cosecha Minigreen escenario 3 DS

<i>Time</i>	<i>Parcela_1</i>	<i>Parcela_2</i>	<i>Parcela_3</i>	<i>Parcela_4</i>	<i>Parcela_5</i>	<i>Capacidad del Cultivo</i>
1	3285,00	900,00	2400,00	6720,00	900,00	24846,12
2	2847,00	900,00	2400,00	8400,00	900,00	23515,63
3	2628,00	900,00	1800,00	10080,00	900,00	25041,06
4	2190,00	900,00	1560,00	10080,00	900,00	25112,89
5	1752,00	720,00	1440,00	10920,00	720,00	24721,52
6	2190,00	900,00	1200,00	16800,00	900,00	30443,82
7	2190,00	1080,00	960,00	16800,00	10080,00	29544,60
8	2190,00	1170,00	1200,00	16800,00	1170,00	29112,91
9	2190,00	1800,00	1200,00	12600,00	1800,00	26038,77
10	2190,00	1800,00	1200,00	10920,00	1800,00	25787,20
11	2190,00	1800,00	1200,00	10080,00	1800,00	25115,15
12	2190,00	1350,00	1200,00	8400,00	1350,00	23245,91
13	1752,00	1170,00	1200,00	6720,00	1170,00	20210,81
14	2190,00	1080,00	960,00	8400,00	1080,00	21687,92
15	2628,00	900,00	1200,00	8400,00	900,00	20763,76

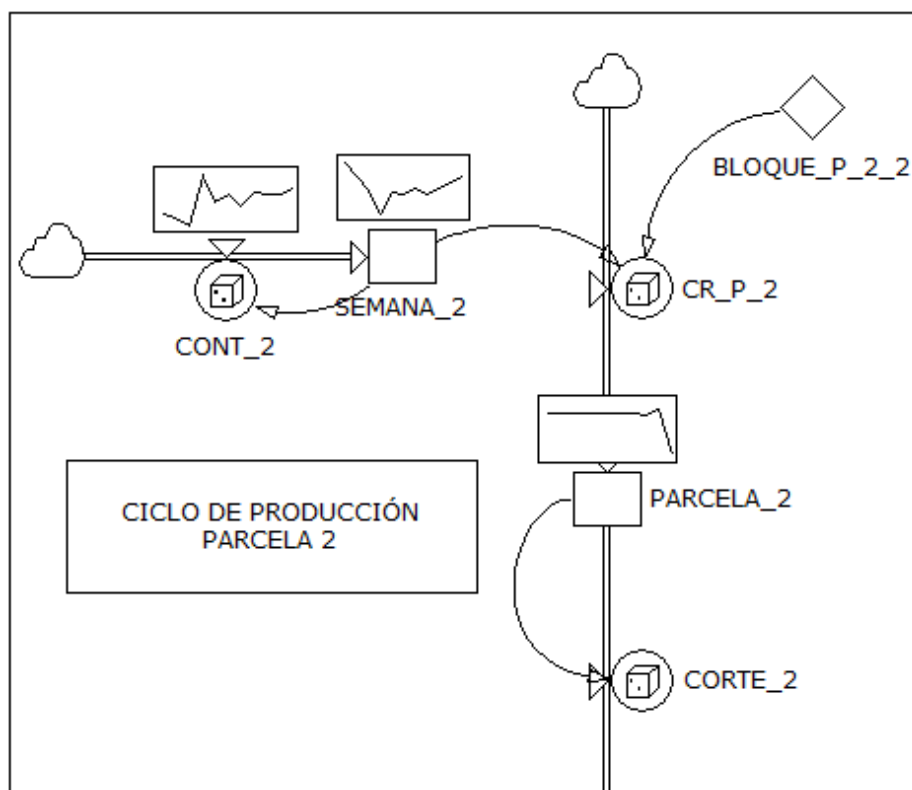


Fig. 7: Cosecha Minigreen escenario 3 DS

El diagrama de Forrester plasmado en la Fig.7 arrojó la información que se presenta en la Tabla 11, donde muestra la cantidad de minigreen que produce cada uno de los bloques sembrados. De igual manera como en los escenarios anteriores, se analizan los resultados de poscosecha para la minigreen. Posterior a la simulación, la minigreen tuvo una variación en la rentabilidad que presenta el escenario 3. Estos nuevos resultados se pueden observar en la Tabla 12, correspondientes a las últimas 15 iteraciones de las 104 semanas.

Tabla 12: Resultados poscosecha Minigreen escenario 3.

Time	Demanda Minigreen	Cajas de flores	Desperdicio	Flores sin cortar	Rentabilidad
1	206,60	17302,42	559,44	1504527,34	119728,13
2	208,83	17510,09	562,42	1519774,91	114645,09
3	194,65	17714,32	564,88	1536458,84	128761,08
4	208,52	17918,10	570,02	1553783,23	122549,99
5	193,62	18109,27	573,57	1570159,82	134488,58
6	190,70	18312,61	578,84	1592855,33	143146,61
7	197,58	18501,34	583,81	1614768,43	128844,10
8	201,89	18687,10	588,84	1635974,52	121828,89
9	206,20	18879,02	594,58	1653933,09	140572,03
10	201,35	19075,78	599,83	1671470,22	152079,90
11	189,68	19277,19	604,71	1688527,37	143665,21
12	193,70	19475,95	607,38	1704182,92	155625,62
13	192,00	19658,20	614,90	1716642,54	139938,64
14	209,62	19849,59	617,30	1730647,17	136034,25
15	210,69	20037,42	621,54	1743021,83	142234,02

Por último, la rentabilidad total que se obtiene al realizar un cultivo mixto entre Hydránga (90%) y minigreen (10%), se puede observar en la Tabla 13, las últimas 15 iteraciones de las 104 semanas simuladas.

Tabla 13: Rentabilidad total escenario 3

<i>Time</i>	<i>Rentabilidad Total</i>
1	275479,51
2	272271,87
3	288229,70
4	283857,93
5	297513,96
6	308007,09
7	295399,52
8	290050,73
9	310519,75
10	323799,11
11	317200,86
12	330950,79
13	316898,10
14	314712,44
15	322598,18

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La situación actual de las empresas, mediante un diagnóstico empresarial en las áreas administrativas y más específicamente en la gestión productiva, evidenció la necesidad de contar con herramientas que permitan apoyar los procesos de toma de decisiones sobre sus recursos y capacidades frente a los factores de productividad. De acuerdo a los resultados, la primera herramienta es la documentación de procesos en diagramas BPMN, un elemento de alta importancia, ya que favorece la ilustración de manera simple, de cómo se realizan los procesos de negocio, precosecha y poscosecha, permitiendo a las empresas realizar modificaciones a sus procesos con una visión más clara de su comportamiento. También favorece el despliegue de la información de los procesos a personas interesadas externas e internas, ya sea para la toma de decisiones o procesos de certificación.

La segunda herramienta es la simulación de procesos discretos y continuos; en donde el primer paso, la identificación de las variables que conformarían los modelos de simulación, implicó una evaluación de los procesos de precosecha y poscosecha, por lo que se determinó que era importante medir la productividad, la rentabilidad de flores, la cantidad de flores cosechadas y los desperdicios, así como una serie de variables auxiliares para la conformación de los dos modelos de simulación. Una vez se identificaron las variables que conformarían el modelo, se levantaron datos cuantitativos mediante la toma de tiempos e información suministrada, para obtener así variables que modelan los procesos de precosecha y poscosecha, apoyadas por datos cuantitativos reales, validadas estadísticamente en el complemento estadístico de Promodel® (StatFit). Así pues, el desarrollo de estas herramientas se convierte en una potente fuente de información para la toma de decisiones, en donde se puede realizar variaciones a la demanda, número de empleados, actividades del proceso, entre otras.

No obstante, se diseñaron escenarios en Promodel® para mejorar la productividad, y escenarios probables en PowerSim® para analizar la rentabilidad de las empresas. En el escenario 1, se ubican dos de los operarios de maquillaje en corte. Se logra aumentar la productividad en un 96.9%, al superar en 6300 flores semanales a los modelos productivos actuales. En el escenario 2 se emplea un recipiente con capacidad para 40 flores; así se incrementa la productividad de en un 29.8%, pasando de producir actualmente 6500 flores semanales a 8440 flores semanales. En el escenario 3 se utiliza un recipiente con capacidad para 40 flores y 2 cortadores transferidos desde maquillaje; este escenario, es en el que más aumenta la productividad de los tres propuestos, al aumentar esta en un 150.4%. Para analizar la rentabilidad durante dos años, se crearon igualmente tres escenarios teniendo en cuenta dos tipos de productos de la Hydrángea (Select y Minigreen), obteniendo tres posibles situaciones; para el escenario 1 DS, se plantea un cultivo únicamente Hydrángeas, con 45300 plantas de Hydrángea sembradas seccionadas en cinco bloques, la demanda está representada con una distribución uniforme con un mínimo de 7000 flores y un máximo de 8000 flores semanales; el escenario propuesto es simulado 104 semanas, que evidencia que la rentabilidad en el año dos será de \$173537.19 USD.

Para el escenario 2 DS, sería un cultivo únicamente Minigreen. Se plantea un cultivo de 45300 plantas de Hydránga, a diferencia de la Hydránga Select que tiene la capacidad de producir una flor por semana, se pueden producir tres flores por semana de Hydrángas Minigreen lo que aumenta la cantidad de flores que puede dar el cultivo, a diferencia de la Select, la minigreen no tiene una demanda tan alta, encontrándose definida por una distribución uniforme con un mínimo de 7500 flores y un máximo de 8500 flores semanales; Al igual que el escenario uno este es simulado 104 semanas y nos indica una rentabilidad del producto de \$ 143664,6 USD. En el escenario 3 DS, se plantea un cultivo mixto, es decir, que exista producción de Hydránga tipo Select y minigreen, para ello se tuvo en cuenta la forma de distribución del cultivo para asegurar que la producción de ambos productos fuera mayor o igual a la demanda, se le asignó un 90% de flores sembradas a las Hydrángas tipo Select y un 10% a las minigreen, esta combinación se asegura cumplir con la demanda de ambos productos sin incrementar de manera representativa las flores que no son cortadas. La demanda de cada producto para este modelo es la misma presentada en los dos escenarios anteriores y en términos de rentabilidad logra aumentar con respecto a los otros modelos, permitiendo que las empresas obtengan un beneficio de \$31.7201.59 USD.

La literatura reporta algunas aplicaciones y modelos similares, para simular y optimizar, como el caso de Monsalve y Ortiz (2011), donde proponen un modelo de simulación en la empresa Inversiones Coquette, con el fin de optimizar los tiempos y recursos en el proceso de poscosecha de las flores. En el desarrollo de su trabajo se vió evidenciado que existen pocos estudios relacionados con el mejoramiento de los procesos de poscosecha en el sector floricultor y que la información disponible corresponde a los procesos de cultivo y tratamiento de flores enfocado en el manejo agrónomo, por lo que estos estudios no evalúan el impacto del mejoramiento del proceso que llevaría a pensar en un cultivo de flores como un proceso industrial, de manera que el trabajo de Monsalve y Ortiz (2011), consistió en realizar un estudio de métodos y tiempos que facilitara desarrollar un modelo de simulación acerca del proceso de poscosecha en el software Promodel®, en donde se encontró que los recursos (trabajadores) están siendo mal utilizados, ya que existe mano de obra ociosa a lo largo del proceso, además se encontró que los procesos de clasificación y boncheo son críticos por ser los que más tiempo de operación requieren en poscosecha. Para mejorar estos inconvenientes Monsalve y Ortiz (2011), plantean un nuevo escenario para poscosecha en donde se reducen el número de operarios asignados a clasificación y bocheo, y además se reducen las locaciones para estos dos procesos, con lo que se lograron aprovechar efectivamente los trabajadores, reduciendo la mano de obra ociosa, y reduciendo mínimamente el tiempo que requiere el producto en clasificación.

## CONCLUSIONES

Este estudio refleja las siguientes conclusiones: en primer lugar, es necesario que el sector floricultor colombiano, como gremio, enfatice en la tecnificación de los procesos de la industria, pasando por ingeniería de procesos, hasta la aplicación de herramientas de ingeniería que permitan apoyar los procesos de toma de decisiones. La caracterización de los procesos entonces, hace que la identificación de las variables claves asociadas al proceso, sean identificadas, y posteriormente modeladas. En segundo lugar, se concluye que a través de la simulación discreta se pueden realizar análisis avanzados que permitan mejorar la utilización de los recursos para empresas con modelos productivos similares, permitiendo la replicación computacional de la situación actual y la identificación de cuellos de botella o recursos limitantes, lo que conduce a la reasignación de los recursos en modelos o escenarios hipotéticos que mejoren la situación actual. Por último, se logra evaluar la rentabilidad de las empresas realizando un modelo mixto (Discreto – Continuo) incluyendo las variaciones del Dólar y la variación del porcentaje de flores de cada tipo a ser producidas, evidenciando mejoras en los beneficios globales.

## REFERENCIAS

- Arango, M., Hydránga (Hortensia), 1ª Ed., Hortitécnica, Medellín, Colombia (2003)
- Asocoflores, Las exportaciones Del 2014, Revista de la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores, 6(1), 14-19 (2015)
- Fernández, J., An optimization model to agroindustrial sector in Antioquia (Colombia, South America), Journal of Physics: Conference Series, 622, (2015)
- Franco, E., K. Hiram y M.M. Carvalho, Applying system dynamics approach in software and information system projects: A mapping study, doi.org/10.1016/j.infsof.2017.08.013, Information and Software Technology, 93, 58–73 (2018)
- Forrester, J.W., Industrial dynamics, Massachusetts: M.I.T. (1962)
- Furian, N., M. O'Sullivan y otros tres autores, A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures, doi.org/10.1016/j.simpat.2015.04.004, Simulation Modelling Practice and Theory, 56, 82–96 (2015)
- Gallagher, C., H. Watson, Quantitative Methods for Business Decisions, México, McGraw-Hill (1982)

- Gatrel, R. y otros tres autores, Value - chains: Identity, tradition, and Ohio's flori (culture) industry, *Applied Geography* 29 346–357 (2009)
- Golzarpoor, H., V.A. González y otros 4 autores, A non-queue-based paradigm in Discrete-Event-Simulation modelling for construction operations, doi.org/10.1016/j.simpat.2017.05.004, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 77, 49–67 (2017)
- González, E., W. Adame y J. Orjuela, Modelo matemático estocástico para el problema de ruteo de vehículos en la recolección de productos perecederos, *DYNA* 82 (189), 199-206 (2014)
- Kouki, M., O. Cardin, P. Castagna y C. Cornardeau, Input data management for energy related discrete event simulation modelling, doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.06, *Journal of Cleaner Production*, 141, 194–2071 (2017)
- Leutscher, K., J. Renkema y H. Challa, Modelling operational adaptations of tactical production plans on pot plant nurseries: a simulation approach, *Agricultural Systems*, 67-78 (1999)
- Martsynovska, O., Global floriculture industry value chain. Position of the ukrainian firms in the floriculture business, Master Programme in Economic Growth, Innovation and Spatial Dynamics. Lund University, School of Economics and Management (2011)
- Miller, W., Commercial Flower Production Methodology, Reference Module in Life Sciences Encyclopedia of Applied Plant Sciences, 2ª Ed., 3, 203–208 (2017)
- Monsalve, A. y D. Ortiz, Propuesta de un modelo de simulación para un proceso de poscosecha: caso específico Inversiones Coquette. Medellín, UPB (2011)
- Negahban, A. y J. Smith, Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis, doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.12.007, *Journal of Manufacturing Systems*, 33(2), 241–261 (2014)
- Neiger, D. e I. Churilov, Dynamic Complexity of Business Systems: Designing Effective Business Processes with System Dynamics, doi.org/10.1016/S1474-6670(17)31596-3, *IFAC Proceedings Volumes*, 37(11), 97–102 (2004)
- Newman, S., Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences Encyclopedia of Environmental Health, Floriculture, Pages 756–768 (2011)
- Páez, I., A. Rincon, M. Astudillo y S. Bohórquez, Un estudio de casos sobre liderazgo transformacional y competencias directivas en el sector floricultor, *Rev. Esc. Adm. Neg.*, Bogotá, 76, 20-43, Enero - Junio (2014)
- Pérez, G., M. Arango y T. Pérez, Propuesta metodológica para el mejoramiento de procesos, a partir de un estudio de métodos, *Revista Universidad Eafit*, 19-39, (2010)
- Radobank Industry, World Floriculture Map, Note 475 – January (2015)
- Rodríguez, O., R. Florido y M. Varela, Aplicaciones de la modelación matemática y la simulación de cultivos agrícolas en Cuba, ISSN 1819-4087, 39 (1) (2018)
- Ruutu, S., T. Casey y V. Kotovirta, Development and competition of digital service platforms: A system dynamics approach, doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.011, *Technological Forecasting and Social Change*, 117 (Nov. 2016), 119–130 (2017)
- Saripalle, M., Jasmine cultivation in Tamil Nadu: Market structure and pricing, *World Development Perspectives*, 1, 12–14 (2016)
- Sterman, J. D., *Business Dynamics*, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology (2000)
- Superintendencia de Sociedades, Desempeño del sector floricultor, Grupo de Estudios Económicos y Financieros, pp. 6, Bogotá, Colombia (2016)
- Vanegas, J.G. y J. Retrepo, Factores que afectan el posicionamiento de productos en el exterior: el caso del sector floricultor antioqueño, *Revista Civilizar Ciencias Sociales y Humanas* (2015)
- Verdouw, C., A. Beulens y J. Van der Vorst, Virtualisation of floricultural supply chains: A review from an Internet of Things perspective, *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 160–175 (2013)
- Zhang, M., X. Wang y otros tres autores, A system dynamics model for risk perception of lay people in communication regarding risk of chemical incident, doi.org/10.1016/j.jlp.2017.09.005, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 50, 101–111 (2017)