

- Los criterios de calidad para seleccionar un proveedor son básicamente calidad, ya que, de ésta depende mucho el producto que se obtiene y costos. Aunque la mayor parte de extractoras desean adquirir una gran cantidad de fruta.
- En relación a los clientes, es decir las industrias, se mantiene relaciones comerciales formales pero verbales y se selecciona la industria con la que se trabaja en base a: mejores formas de pago, mejor precio de compra y la afinidad que se tenga. Los pagos de las industrias siempre son a plazos más largos.
- Los pagos con los palmicultores se manejan diaria o semanalmente y con pagos en cheque o transferencia bancaria.

### **7.3. Caracterización de las industrias**

Desde la perspectiva de las industrias, éstas son muy similares entre sí de acuerdo a toda la información que se logró recolectar. Todas buscan objetivos similares y sus formas de lograrlas son parecidos, a pesar de ser rivales debido a que producen productos iguales, han sabido manejarse en el mercado tomando en consideración a sus proveedores y sus clientes, evitando así rivalidades o peleas en el sector. De acuerdo al nivel de la logística que tienen, se presenta características similares en lo que respecta a recursos, salidas y flexibilidad, las mismas que se describirán a continuación:

#### Recursos:

- Todas las industrias se abastecen de proveedores internos y externos debido a la alta demanda que presentan cada uno de ellos. Disponiendo así, de extractoras propias y de otras extractoras que hay alrededor de los sectores indicados anteriormente.
- Poseen extractoras y cultivos propios, asegurando de cierta forma su producción diaria.

- A pesar de ser grandes industrias, se puede considerar que son pocas las existentes en el país por lo cual la competitividad es bastante fuerte, es por ello que cuentan con tecnologías avanzadas y capaces de abarcar con los grandes volúmenes con los que trabajan para satisfacer toda su demanda.
- Los empleados en las empresas son constantemente capacitados, para que puedan tener amplios conocimientos de los procesos que realizan, además de que se sienten motivados porque la empresa les brinda enseñanza, de esta manera se sienten atendidos por la organización.
- La selección de sus proveedores se hace en base a relaciones ya establecidas a lo largo de los años, es decir reciben aceite de todas las extractoras posibles debido a la alta demanda que presentan.
- Las industrias reciben pedidos de aceite crudo de palma africana diariamente de las extractoras, basándose en normas de calidad del producto, es decir, aceptan el aceite que cumplen con niveles de acidez entre 2,5 % y 3%. Caso contrario se castiga a sus proveedores con la no compra del producto.
- No existen contratos entre las industrias y las extractoras debido a que el precio del aceite crudo es muy fluctuante, y éste depende estrictamente de valores dados internacionalmente. Actualmente varía alrededor de \$800 la tonelada métrica. Es por esta razón que no se pueden establecer contratos, los precios van cambiando y ambas, industrias y extractoras, deben adaptarse a ello.

#### Salidas

- Los productos terminados, los cuales son los mismos para las 4 industrias descritas anteriormente, aceites, margarinas, grasas vegetales, jabones, entre otros.
- Se han enfocado en tener productos finales de excelente calidad, competitivos en el mercado nacional e internacional.

- No existe porcentaje de pérdidas de materia prima de aceite de palma porque lo que no cumple con los estándares de calidad no se recibe. Por lo general, esto no sucede porque en las extractoras ya se hace un control de calidad para evitar devoluciones y una fama negativa de su producto.

#### Flexibilidad

- Las industrias reciben todo el producto que sus extractoras externas le puedan ofrecer, sin embargo cuentan con el aceite de las extractoras propias, lo cual asegura de cierta manera su producción.

## **CAPÍTULO 8 : SIMULACIÓN MEDIANTE SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM**

Una vez que se conoce las características de cada uno de los casos de estudio y se han obtenido los aspectos representativos de cada uno de los eslabones de la cadena, es necesario comprender la forma en la que se vinculan dichos aspectos al unificar la cadena de suministro. Para ello, es importante conocer la forma de interacción de cada uno de los actores, con el fin de establecer la relación existente entre palmicultor, extractora e industria.

En este capítulo se establece una simulación mediante las características identificadas, con el fin de generar un modelo genérico que represente a la cadena de suministro de palma africana. El principal objetivo es analizar el comportamiento de la cadena e identificar posibles aspectos de mejora para optimizarla.

### **8.1. Determinación de los elementos y sus interacciones**

Para la ejecución del modelo matemático es necesario establecer elementos cuantificables a partir de las características identificadas en el capítulo 7 de este proyecto de tesis, para poder establecer sus relaciones con parámetros existentes dentro de la cadena de suministro en estudio.

#### **8.1.1. Elementos identificados para palmicultores**

Mediante la caracterización realizada en el capítulo 7, se pudo seccionar los aspectos más relevantes de los palmicultores en tres categorías: recursos, salidas y flexibilidad. De cada una de esas categorías se han identificado elementos medibles los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 8-1:** Elementos identificados para palmicultores

RECURSOS	SALIDAS	FLEXIBILIDAD
Requerimientos de personal	Frecuencia de distribución	Demanda del producto
Flujo de caja	Cantidad producida	
Costos de mano de obra	Porcentaje de fruta verde	
Costos de materia prima	Porcentaje de fruta madura	
	Requerimiento de calidad/ fruta sobre madura	

Fuente: Propia

## Descripción de los elementos

### Recursos

- *Requerimientos de personal palmicultor:* Los requerimientos del personal para el agricultor se refiere a la cantidad de trabajadores que deben ser contratos en las plantaciones por cada hectárea plantada.
- *Flujo de caja del palmicultor:* es la cantidad de dinero con la que cuenta el agricultor en un tiempo específico y que le permite cumplir con sus procesos productivos y administrativos.
- *Costo de mano de obra del palmicultor:* es el costo asociado al pago de los servicios de trabajadores para las labores de siembra y cosecha del producto.
- *Costo de materia prima del palmicultor:* es el costo asociado con la compra de materiales requeridos para la siembra, fertilización y fumigación de las plantaciones de palma africana.

### Salidas

- *Frecuencia de distribución del palmicultor:* se refiere al número de veces que el palmicultor distribuye la fruta en un periodo de tiempo determinado.
- *Cantidad producida del palmicultor:* se refiere al número de toneladas obtenidas de fruto de palma en un periodo de tiempo determinado.

- *Porcentaje de fruta verde*: contempla la cantidad de fruta extraída de las plantaciones, cuya coloración de fruto es amarilla y el porcentaje de aceite es mínimo.
- *Porcentaje de fruta sobre maduro*: contempla la cantidad de fruta extraída de las plantaciones que han perdido el 50% de sus alveolos y frutos. Además de que este fruto puede incrementar el nivel de acidez del aceite extraído.
- *Requerimiento de calidad del palmicultor*: implica los estándares determinados por las extractoras para la aceptación del fruto. Lo que se desea es un fruto que haya perdido de 5 a 10 alveolos y cuya coloración sea anaranjada con el fin de considerarlo maduro.

#### Flexibilidad

- *Demanda del producto del palmicultor*: muestra el comportamiento de la demanda de fruta entre dos eslabones de la cadena de suministro.

#### **8.1.2. Elementos identificados para extractoras**

Mediante la caracterización realizada en el capítulo 7, se pudo seccionar los aspectos más relevantes de las extractoras en tres categorías: recursos, salidas y flexibilidad. De cada una de esas categorías se han identificado elementos medibles los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 8-2:** Elementos identificados para las extractoras

RECURSOS	SALIDAS	FLEXIBILIDAD
Costo de materia prima	Frecuencia de distribución	Demanda del producto
Costo de procesamiento	Cantidad producida	
Flujo de caja	Tiempo de producción	
	Requerimientos de calidad	

Fuente: Propia

## Recursos

- *Costo de producción:* en el caso de las extractoras, se definen de manera general dos tipos de costos. A continuación se describirán estos costos:
  - *Costos de materia prima:* este costo representa el 80% del total de costos de producción, y es básicamente el costo de comprar la fruta a los palmicultores.
  - *Costos de procesamiento:* estos costos son el otro 20%, y constituyen los costos de mano de obra, de transporte, utilización de maquinaria, mantenimiento y servicios básicos.
- *Flujos de caja:* esto se refiere al intercambio de dinero dentro de los miembros de la cadena de suministro, es decir aquí se establece el precio de compra de materia prima (fruta de palma africana), que se encuentra alrededor de \$300 la tonelada, con una frecuencia diaria, sin embargo se paga después de una semana de haber entregado el producto. Así mismo, se tiene la venta del aceite crudo de palma a las industrias, éstas también realizan pagos semanales. Con esto se puede especificar que el flujo de efectivo es el dinero con el que la extractora cuenta para realizar transacciones.

## Salidas

- *Frecuencia de distribución:* esto se refiere a la capacidad de la extractora de surtir diariamente a las industrias con el aceite crudo.
- *Cantidad producida:* es el total de toneladas de aceite crudo que puede elaborar la extractora en un periodo específico de tiempo.
- *Tiempo de producción:* Es la cantidad de tiempo que necesita la extractora par producir una cantidad específica de aceite de palma.
- *Requerimientos de calidad:* son especificaciones que se deben cumplir para poder entregar un producto con las características dadas por el cliente. En este caso, se debe entregar aceite con menos del 3% de acidez.

### Flexibilidad

- *Demanda del producto*: es la cantidad que se le debe entregar a las industrias de acuerdo a lo que necesitan y a los pedidos que ellos tienen.

### **8.1.3. Elementos identificados para industrias**

Mediante la caracterización realizada en el capítulo 7, se pudo seccionar los aspectos más relevantes de los palmicultores en tres categorías: recursos, salidas y flexibilidad. De cada una de esas categorías se han identificado elementos medibles los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 8-3:** Elementos identificados para las industrias

RECURSOS	SALIDAS
Cantidad de pedido	Requerimientos de calidad

Fuente: Propia

### Recursos

- *Cantidades de pedido*: es lo que la industria necesita producir para poder cumplir los requerimientos de sus clientes.

### Salidas

- *Requerimientos de calidad*: son características que deben cumplir los productos que elaboran para que sean capaces de tener las especificaciones acordadas con el cliente.

Para el caso de las industrias, se puede ver que no se tiene flexibilidad dado que las extractoras no son los únicos proveedores que ellos tienen. Sus productos finales requieren de otra materia prima adicional a la de aceite de palma, por ende todos los factores que envuelven a la flexibilidad, según Beamon (1999), número de ventas perdidas, retrasos, cumplimiento de demanda y pronósticos no dependen solamente del aceite de palma. Por esta misma razón, no se puede establecer un flujo de caja en las

industrias, ya que, sus ingresos y costos se verán influenciados por factores adicionales al aceite de palma.

#### **8.1.4. Relaciones establecidas**

Según las especificaciones presentadas en el capítulo 2 del presente proyecto de tesis, un aspecto fundamental dentro de los conceptos de la cadena de suministro contempla especificar las relaciones existentes entre los actores de la misma. En base a los elementos identificados previamente se establece interacciones entre las características que definen la personalidad logística de los eslabones de la cadena de suministro y dichos elementos.

La forma para realizar estas interacciones se basa en un análisis causal de proporcionalidad, es decir que si un elemento es directamente proporcional a otro esto implica lo siguiente:

- El elemento tiene influencia sobre otro elemento, por lo que se puede establecer una relación de dependencia.
- El elemento incide de forma igual en el grado de afectación de otro elemento. Es decir si un elemento se nombra como “x” y el segundo se nombra como “y”, se podría decir que a mayor “x”, mayor “y” o a menor “x”, menor “y”.

Por otro lado, si la relación es inversamente proporcional se tendría el siguiente cambio:

- El elemento incide de forma diferente en el grado de afectación de otro elemento. Es decir si un elemento se nombra como “x” y el segundo se nombra como “y”, se podría decir que a mayor “x”, menor “y” o a menor “x”, mayor “y”.

Finalmente, se debe mencionar que como se trata de una relación causal, el orden de los factores altera el resultado final, ya que no implica lo mismo decir que X depende de Y, que Y dependa de X.

A continuación se muestra una tabla de relaciones considerando la siguiente simbología y abreviaciones:

**Tabla 8-4:** Elementos del sistema identificados

PALMICULTOR		EXTRACTORA		INDUSTRIA	
Características	Símbolo	Características	Símbolo	Características	Símbolo
Requerimientos de personal	P1	Costo de materia prima	E1	Demanda de aceite	I1
Número de hectáreas	P2	Costo de procesamiento	E2	Egresos industria /ingresos extractora	I2
Flujo de caja	P3	Ingresos extractora	E3		
Egresos palmicultor	P4	Egresos extractora	E4		
Ingresos palmicultor	P5	Precio de venta aceite con acidez aceptable	E5		
Precio de venta	P6	Cantidad producida de aceite	E6		
Cantidad producida total	P7	Cantidad de aceite con alta acidez	E7		
Porcentaje maduro	P8	Precio de venta aceite con acidez alta	E8		
Porcentaje verde	P9	Flujo de caja extractora	E9		
Porcentaje sobre maduro	P10	Precio de compra aceite penalizado	E10		
Costo de materia prima	P11	Cantidad exportada	E11		
Costo de transporte	P12	Costos de penalización	E12		
Costo de mano de obra	P13	Egresos extractora/ingresos palmicultor	E13		
Toneladas por trabajador	P14	Ingresos por exportación	E14		
Incidencia de plagas	P15				
Precio de venta penalización	P16				
Costo de penalización	P17				
Número de palmicultores	P18				

Fuente: Propia

**Tabla 8-5:** Simbología empleada

TIP DE RELACIÓN	SÍMBOLO
Dierctamente proporcional	DP
Inversamente proporcional	IP
No aplica	N/A

Fuente: Propia



### 8.1.5. Elementos exógenos y endógenos

Previo al modelamiento con sistemas dinámicos, es importante identificar que existen dos tipos de elementos en el sistema, los mismos que son:

- Exógenos: son variables que se definen independientemente de otras variables, lo que implica que adquieren valores determinados (Repenning, 2009).
- Endógenas: son variables que se definen en base a otras variables por su relación de dependencia (Repenning, 2009).

En base a este concepto se separan aquellos elementos del modelo que se pueden considerar como variables exógenas, de las variables endógenas. Este aspecto es de gran importancia debido a que mediante estas variables se pueden constituir las expresiones matemáticas del modelo que será presentado más adelante.

Los elementos identificados en las columnas de color verde se consideran como exógenos en este modelo de sistemas dinámicos, el resto se constituyen como los elementos endógenos.



En base a lo detallado en la tabla 8-7, es necesario definir lo que representa cada una de las variables exógenas y determinar un valor para las mismas. Para ello, el equipo investigador observa la necesidad de utilizar ciertos parámetros e información de un caso de estudio particular, ya que no todas las variables exógenas pueden ser generales para los actores de la cadena de suministro de palma africana.

La selección de un caso de estudio representativo se realiza en base a dos aspectos: la capacidad para obtener información y el detalle de la información recolectada. Es decir, que el caso de estudio seleccionado se basa en el hecho de que el grupo investigador pueda obtener información relevante vinculada con las variables exógenas y además que esta información sea lo más precisa posible. Por estas razones, se determina como caso de estudio representativo a la cadena de suministro del palmicultor Xavier Zurita. Algunos datos para las variables exógenas pueden ser extraídos de las encuestas masivas presentadas en el Anexo 5.

A continuación se explica cada una de las variables exógenas presentadas en la tabla 8-7, además de otras variables que se requieren en el modelo matemático y cuyo valor puede ser considerado como una constante.

- *Número de hectáreas*: variable que representa el tamaño de terreno con el que cuenta un palmicultor para producir la fruta de palma. Debido a que esta es una cantidad variable entre las PYMES palmicultoras, se toma la cantidad del caso de estudio que es de 671 hectáreas.
- *Requerimientos de cosechadores*: en las plantaciones se cuenta con un número más pequeño de cosechadores que de trabajadores y su principal tarea es ejecutar todas las labores de cosecha del producto. Se ha determinado que para el caso de la palma africana se requiere 1 trabajador cada 50 hectáreas para la cosecha.

- *Requerimientos de personal en plantaciones:* por el contrario si se observa el resto de actividades necesarias en una plantación como: fumigación, fertilización, limpieza, manejo fitosanitario, entre otras, el requerimiento de personal es de 1 trabajador cada 10 hectáreas. Esta información es corroborada por las encuestas masivas.
- *Toneladas por cosechador I semestre:* en base a lo presentado en el caso de estudio se logra determinar que para los meses de enero a junio, un cosechador puede recolectar diariamente 8 toneladas de fruta, es decir una tonelada por cada hora de trabajo.
- *Toneladas por cosechador II semestre:* en base nueva información extraída del caso de estudio se logra determinar que para los meses de julio a diciembre, un cosechador puede recolectar diariamente 6 toneladas de fruta, debido a que no existe tanta cantidad de producción.
- *Incidencia de plagas:* se refiere a la cantidad de toneladas por día que se pueden perder en un terreno en caso de que no se hayan detectado y combatido las plagas. Con la información del caso de estudio se determina que al año se pueden perder entre 10 a 15 por ciento de plantas, lo que en el caso de estudio representa una pérdida de 17 toneladas de fruta por día.
- *Costo de materia prima:* el costo de materia prima implica la cantidad de dinero utilizada para la compra de semillas, fertilizantes y fungicidas, que son alrededor de 25 toneladas requeridas por día, lo cual se ha explicado en el caso de estudio y comprende un valor de \$80 por tonelada.
- *Número de palmicultores:* es la cantidad de palmicultores que contiene un número determinado de hectáreas.

- *Costo por trabajador:* es el costo o pago diario que recibe un trabajador en las plantaciones. En base a las encuestas masivas se determina que este valor es de \$15 por día.
- *Costo por camión de fruta para el transporte:* teóricamente este costo implica la cantidad de dinero cobrada para movilizar la fruta de las plantaciones a la extractora. Con la información del caso de estudio se determina que este valor es de \$30 por tonelada.
- *Porcentaje maduro:* es la cantidad de fruta que se extrae de las plantaciones en las condiciones óptimas de maduración. Mediante el caso de estudio se determina que 76,67% de la fruta se extrae en estas condiciones.
- *Porcentaje verde:* es la cantidad de fruta que se extrae de las plantaciones antes de que logre llegar a niveles de maduración aceptable. Mediante el caso de estudio se determina que 10% de la fruta se extrae en estas condiciones.
- *Porcentaje sobre maduro:* es la cantidad de fruta que se extrae de las plantaciones cuyos niveles de maduración han sido sobrepasados. Mediante el caso de estudio se determina que 13,33% de la fruta se extrae en estas condiciones.
- *Precio de compra de fruta:* el precio de compra tal como se determinó en los casos, es variable y depende de regulaciones internacionales. Sin embargo, se toma un valor promedio para el modelamiento de \$160 por tonelada.
- *Precio de venta penalizado:* es el valor al que se hubiera comprado la fruta sobre madura en caso de que la extractora la recepte. En general si el palmicultor entrega fruta sobre madura ese peso no es pagado. Este precio se estima según el caso de estudio en \$107 por tonelada.

- *Precio de compra de aceite:* cantidad pagada por las industrias en base al precio internacional. Con la información del caso de estudio se obtuvo un precio promedio de \$800.
- *Precio de compra penalizado de aceite:* Cantidad que las industrias pagan a la extractora en el caso de que el aceite sobre pase los límites de acidez aceptable. Este valor se obtuvo por el caso de estudio y es de \$535 por tonelada de aceite.
- *Precio disminuido:* cantidad de pérdida para la extractora, en caso de que se entregue aceite con alta acidez y no se pueda cobrar el precio regular. Este valor se extrajo del caso de estudio y es de \$265.
- *Costos administrativos para las extractoras:* son costos adicionales a la materia prima con los que cuenta una extractora. Este valor según el caso de estudio se determinó en \$1600 por día.

#### **8.1.6. Validación de relaciones y elementos**

La validación de las relaciones y los elementos identificados previamente, los realizó el grupo investigador conjuntamente con el director de este trabajo de tesis. Además de ello, se empleó la información recolectada en cada uno de los casos de estudio y en las encuestas masivas ejecutadas. La experiencia y el conocimiento adquirido fueron parte esencial para determinar coherentemente las relaciones establecidas y que las mismas sean válidas para el modelamiento de la cadena actual.

#### **8.2. Modelamiento con sistemas dinámicos**

Una vez que se han identificado los elementos principales del sistema y las interacciones correspondientes, se procede a establecer el diagrama causal que incluye los flujos de material, información y dinero de la cadena de suministro. Este va a ser desarrollado mediante el programa Vensim.

Tal como se explicó en el capítulo dos de la tesis, es necesario identificar 4 aspectos principales para el modelamiento, estos son: los nodos, los arcos, la polaridad<sup>5</sup> y los bucles de información. Los nodos y arcos vincula cada una de las variables de estudio y las relaciones entre las mismas, mientras que los bucles de información establecen todos aquellas variables que por algún aspecto se unifican entre sí.

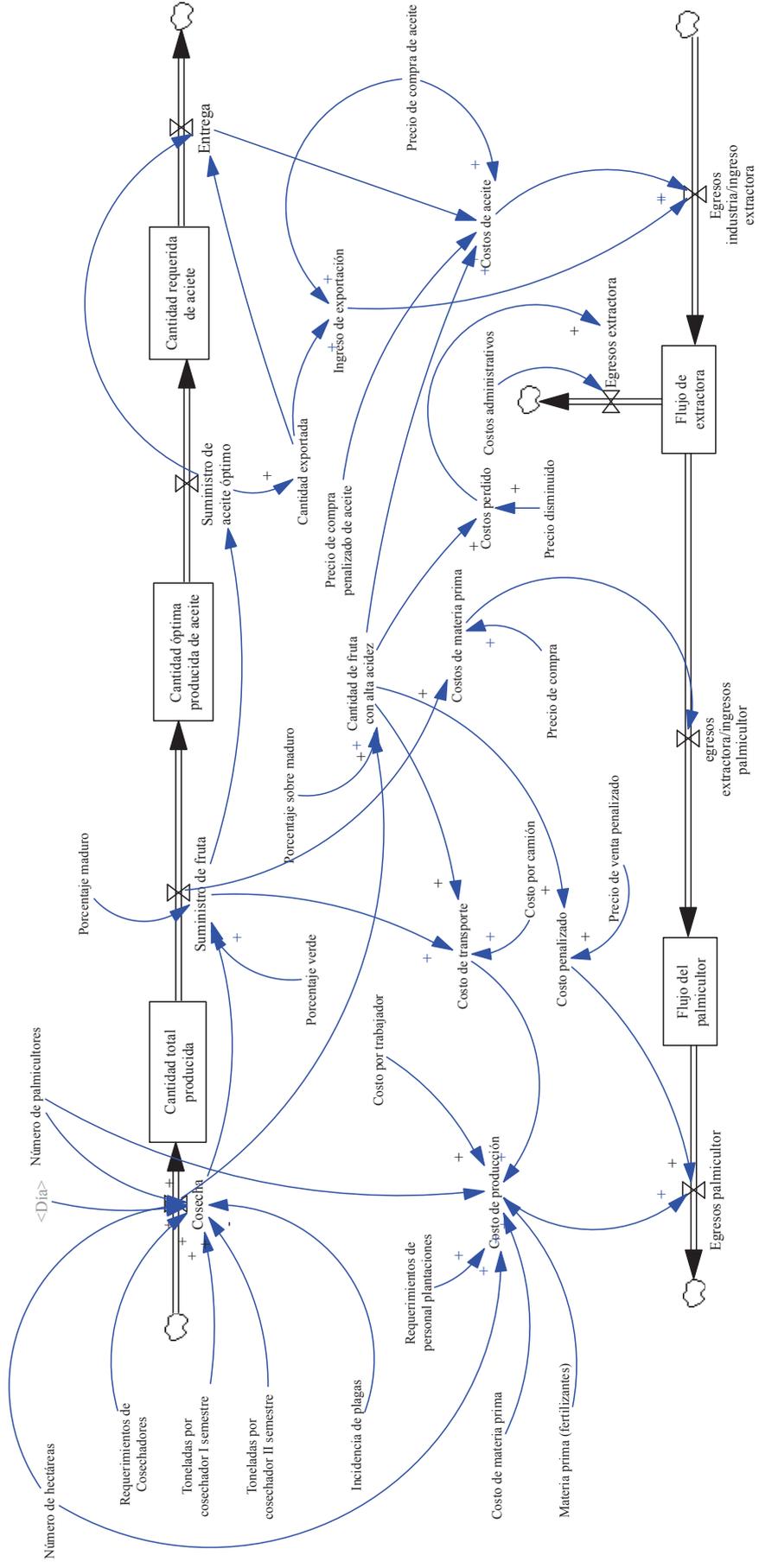
Con la ayuda de las herramientas presentadas por Vensim, se pudo identificar que en el modelo actual se incluye por lo menos 29 bucles que vinculan a variables en estudio. Los principales bucles identificados se relacionan con la cantidad de cosecha, el flujo de caja del palmicultor, el flujo de caja de la extractora y la producción de aceite. Estos elementos son los que muestran mayor cantidad de variables vinculadas.

Con esta premisa, se desarrolla el diagrama causal presentado en la figura 8-1.

---

<sup>5</sup> Polaridad: la polaridad de un arco se determina por el signo presente en la flecha del mismo y señala si la relación entre los nodos unidos es directa o inversamente proporcional.

**Cadena de Suministro de Palma Africana**



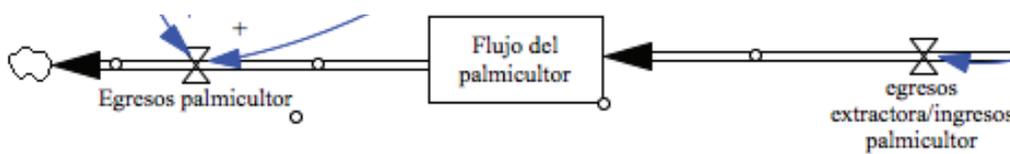
Fuente: Propia

**Figura 8-1:** Diagrama causal para la cadena de suministro de palma africana

**8.2.1. Ecuaciones del modelo**

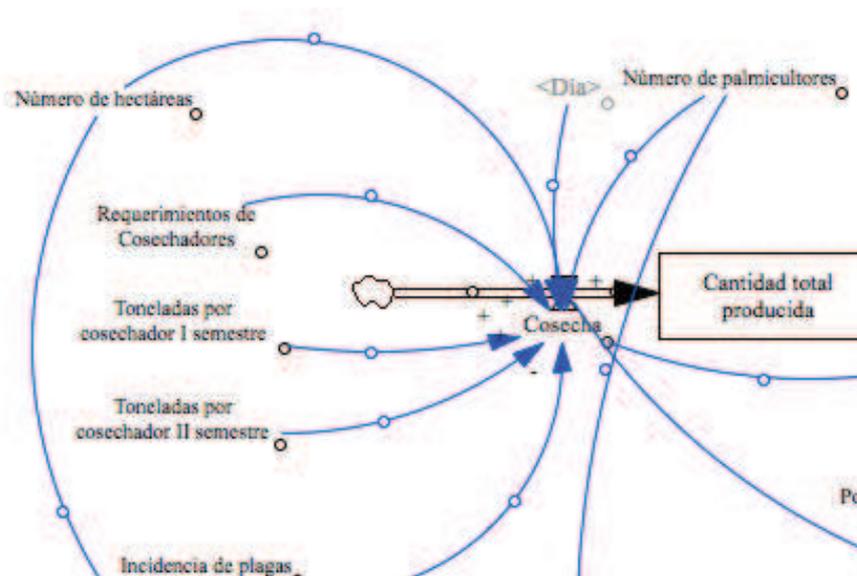
Tal como se puede observar en la figura 8-1, todas las variables se unen con el fin de generar una simulación del comportamiento del sistema real. En el Anexo 7 del presente documento de tesis, se detallan las ecuaciones empleadas en cada uno de los nodos del diagrama causal. Pero, en esta sección se detalla la forma en que algunas de estas ecuaciones fueron realizadas.

Existen ecuaciones simples de dos elementos y ecuaciones complejas que vinculan tres o más elementos. A continuación se muestra un ejemplo de una gráfica que puede vincular una ecuación simple y una que integra una ecuación compleja.



Fuente: Propia

**Figura 8-2:** Ejemplo con ecuación simple



Fuente: Propia

**Figura 8-3:** Ejemplo con ecuación compleja

Para ejemplificar algunas de las ecuaciones importantes en el modelo, se muestra lo siguiente:

- *Cosecha*: se ve influenciado por el número de hectáreas, requerimiento de cosechadores, toneladas por cosechador por cada semestre y la incidencia de plagas. Además la cosecha para el resto de ecuaciones depende de cuantos palmicultores estén bajo estudio. Con esto la ecuación es:

*Cosecha*

$$= \begin{cases} \left( \text{Número de ha} * r. \text{ cosechadores} * \frac{\text{ton}}{\text{cosec}} \text{ hador I semestre} \right) - \text{inc. plagas} & \text{si es el I semestre del año} \\ \left( \text{Número de ha} * r. \text{ cosechadores} * \frac{\text{ton}}{\text{cosec}} \text{ hador II semestre} \right) - \text{inc. plagas} & \text{si es el II semestre del año} \end{cases}$$

- *Producción de aceite en óptimas condiciones*: se ve influenciado por la cantidad de cosecha en condiciones maduras o verdes.

$$\text{Suministro de aceite óptimo} = (\text{Porcentaje maduro} + \text{porcentaje verde}) * \text{Cosecha}$$

- *Ingresos palmicultor*: se ve influenciado por el precio de compra y la cantidad de fruta suministrada.

$$\text{Egresos extractora} / \text{Ingresos palmicultor} = \text{precio de compra} * \text{suministro de fruta.}$$

- *Egresos palmicultor*: se ve influenciado por el costo de producción y el costo de penalización.

$$\text{Egresos palmicultor} = \text{costo de producción} + \text{costo de penalización.}$$

- *Ingresos extractora*: se ve influenciado por el precio de compra y la cantidad de fruta suministrada interna como externamente.

$$\text{Egresos industria} / \text{Ingresos extractora} = \text{ingresos de exportación} + \text{costos de aceite}$$

- *Egresos extractora*: se secciona en dos partes, los egresos por pago de materia prima y egresos por pérdidas y gastos administrativos.

$$\text{Egresos extractora} / \text{Ingresos palmicultor} = \text{precio de compra} * \text{suministro de fruta.}$$

$$\text{Egresos extractora} = \text{costos administrativos} + \text{costo perdido.}$$

- *Flujo de caja palmicultor*: se ve influenciado por los ingresos y egresos del palmicultor.

$$\text{Flujo de caja palmicultor} = \frac{\text{Egresos extractora}}{\text{Ingresos palmicultor}} - \text{egresos palmicultor}.$$

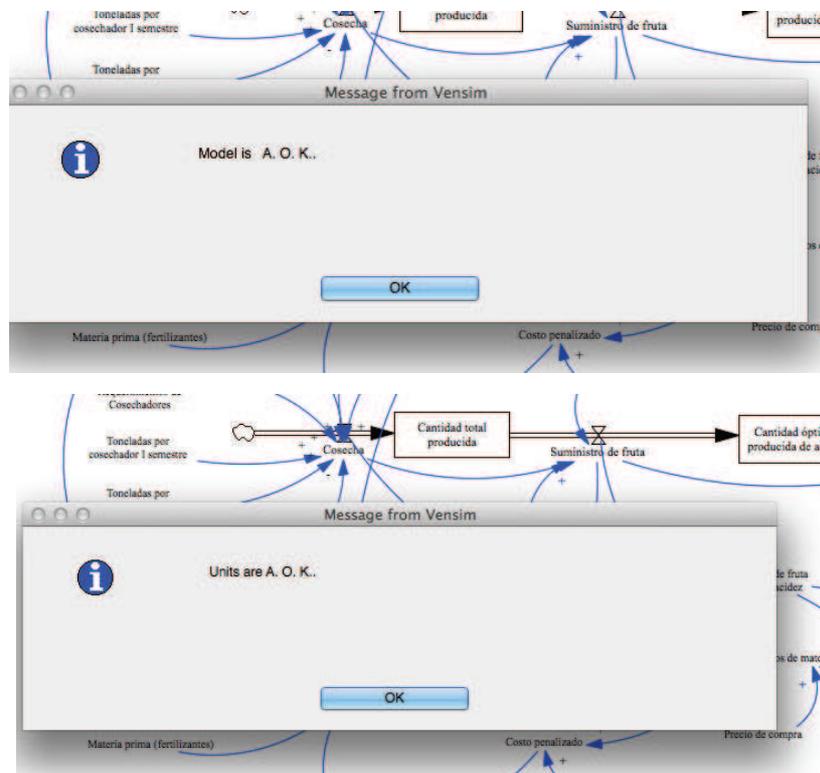
- *Flujo de caja extractora*: se ve influenciado por los ingresos y egresos de la extractora.

*Flujo de caja palmicultor*

$$= \frac{\text{Egresos industria}}{\text{Ingresos extractora}} - \frac{\text{Egresos extractora}}{\text{Ingresos palmicultor}} - \text{egresos palmicultor}.$$

### 8.3. Resultados y validación inicial

En primera instancia antes de simular el modelo de sistemas dinámicos, es necesario comprobar que tanto el modelo como las unidades del mismo se encuentran correctas o en su defecto arreglar el error.

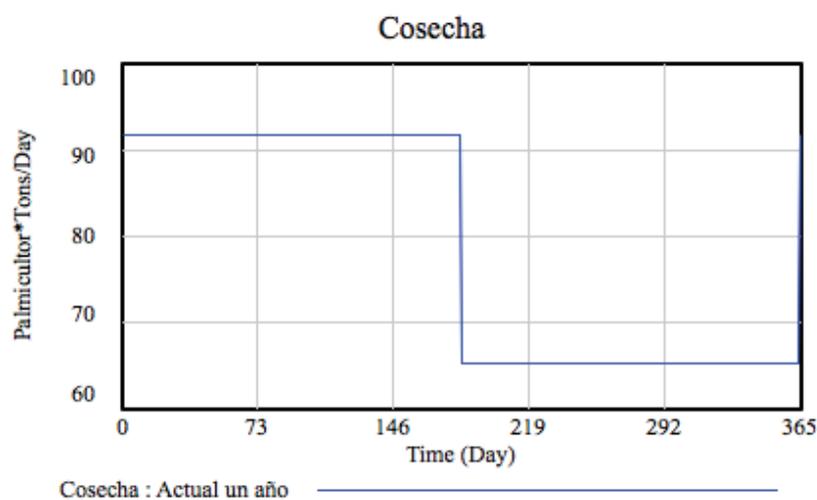


Fuente: Propia

**Figura 8-4:** Validación del modelo

Una vez efectuada esa comprobación, se procede a realizar la simulación por un año seccionado en días, se selecciona el periodo de un año para poder observar la diferencia en resultados entre el primer y el segundo semestre del año. A continuación se presentan los resultados para las variables principales.

- *Cosecha*: en la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la cosecha en un año.



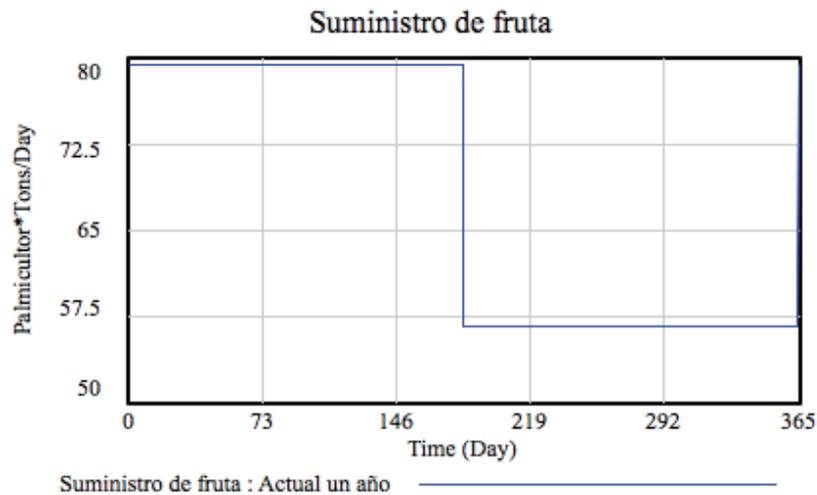
Cosecha : Actual un año

Fuente: Propia

**Figura 8-5:** Resultados cosecha

Tal como se puede observar el valor de la cosecha se encuentra seccionado en dos semestres y decrece en el segundo semestre debido a la ausencia de lluvias y a la baja producción. El valor generado de la cosecha se ve influenciado por la cantidad de plagas presentes en el sembrío y por la productividad de cada uno de los cosechadores.

- *Suministro de fruta*: la cantidad de fruta entregada a la extractora en el año se muestra a continuación.

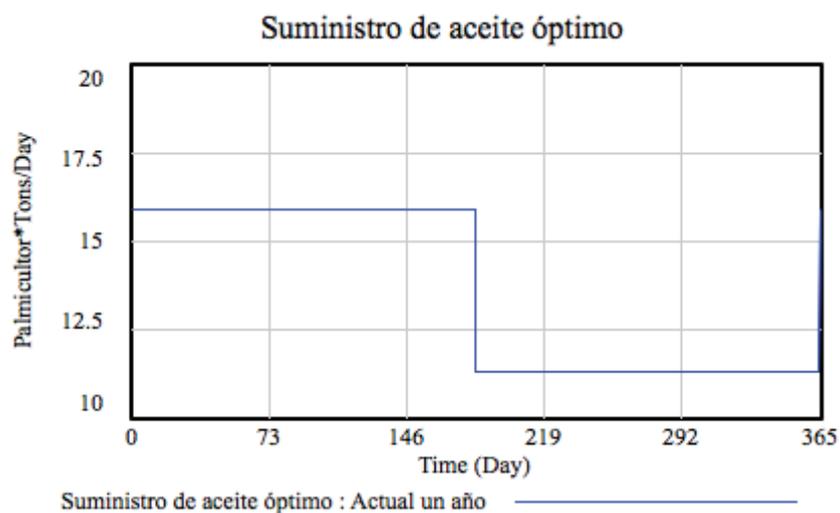


Fuente: Propia

**Figura 8-6:** Resultados Suministro de fruta

La cantidad de fruta en condiciones óptimas para la extracción de aceite con niveles de acidez aceptable, se ve influenciado por el porcentaje de fruta verde y madura que puede entregarse en la cosecha. Por este motivo, el suministro de fruta a la extractora es menor que la cosecha total, ya que hay un porcentaje de fruta sobre madura que no puede cumplir con las condiciones de calidad aceptables.

- *Suministro de aceite óptimo:* la cantidad de aceite utilizado para las industrias y para la extracción en el año se muestra a continuación.

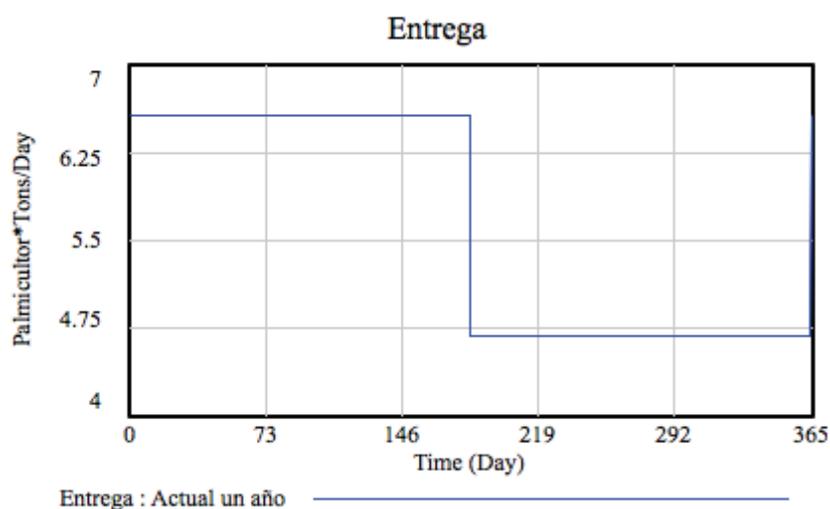


Fuente: Propia

**Figura 8-7:** Resultados Suministro de aceite óptimo

En base a la cantidad de fruta entregada en óptimas condiciones para mantener los niveles de acidez del aceite, se conoce que sólo el 20% de la fruta comprende el aceite rojo. Por lo que, la extracción puede ser de 16 toneladas cada día en el primer semestre y de 11 toneladas en el segundo semestre.

- *Entrega:* la cantidad de aceite entregado a las industrias en el año se muestra a continuación.

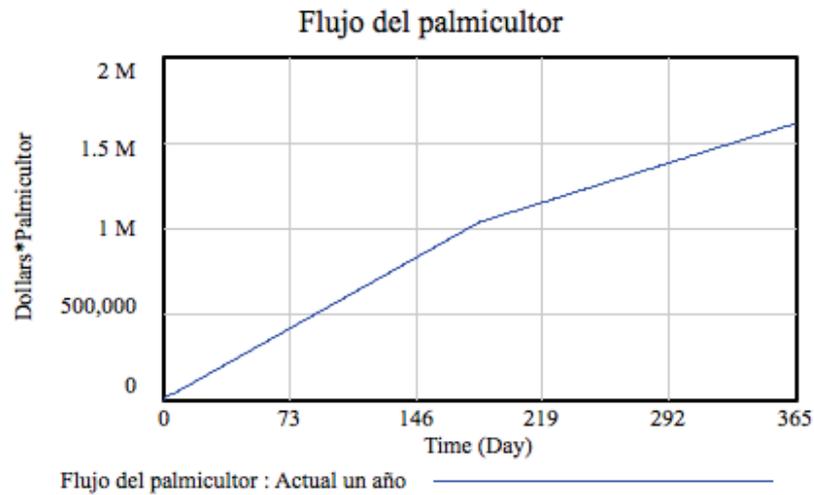


Fuente: Propia

**Figura 8-8:** Resultados Entrega

La cantidad de aceite óptimo que se entrega a las industrias se encuentra determinado por la diferencia entre el suministro total y el excedente destinado a la exportación. Actualmente, alrededor del 40% de la producción de aceite se mantiene en el país, tal como se detalló en el capítulo 5.

- *Flujo del palmicultor*: el comportamiento del flujo del palmicultor en un año se muestra a continuación.

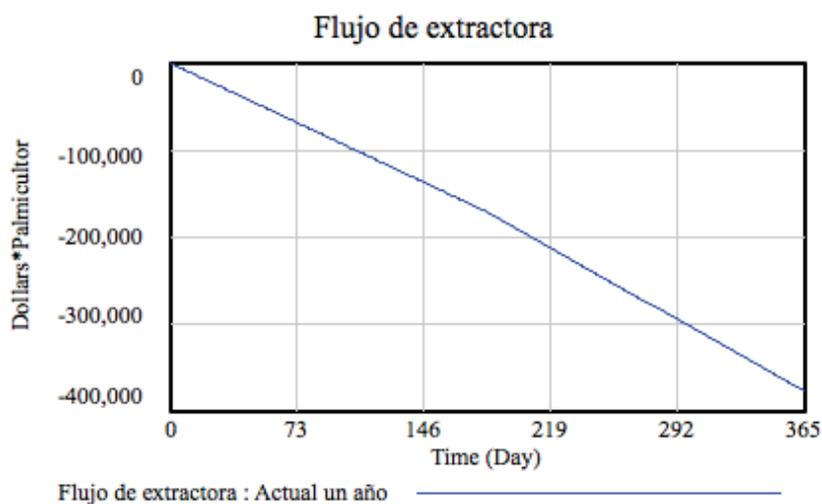


Fuente: Propia

**Figura 8-9:** Resultados Flujo del palmicultor

En las condiciones ideales establecidas el palmicultor a lo largo de un año laboral, puede ver ganancias de 1.5 millones de dólares aproximadamente por la venta de la fruta. Esta ganancia se puede ver acrecentada en caso de que la cantidad de fruta en óptimas condiciones sea mayor que la entregada actualmente.

- *Flujo de la extractora*: el comportamiento del flujo de la extractora en un año se muestra a continuación.



Fuente: Propia

**Figura 8-10:** Resultados Flujo de la extractora

En las condiciones ideales establecidas la extractora presentaría pérdidas hasta de \$400.000 dólares. Sin embargo, este hecho está sujeto a la cantidad de palmicultores que entreguen fruta, ya que una extractora no puede obtener ganancias si es que trabaja con un único palmicultor.

### 8.3.1. Verificación del modelo

A continuación para comprobar la forma en la que se comporta el modelo, se modifican ciertas variables del mismo para comprobar si los resultados obtenidos se encuentran de acuerdo a lo esperado.

Primer escenario: la incidencia de plagas se reduce a una pérdida de 0, lo que implica que los niveles de cosecha se encuentran en el máximo y no se muestran pérdidas de producción. Este hecho impacta el flujo de caja del palmicultor y de la extractora, ya que se receipta mayor cantidad de fruta. En las siguientes gráficas se muestran los incrementos o decrementos de este escenario: