

Implementación del modelo de producción agrícola con Open Modelica

Solazver Solé y Julie Vera

Junio, 2015

Índice general

1. Modelo del sector agroindustrial	4
1.1. Cultivo de productos agrícolas	4
1.2. Agroindustria	6
1.3. Consumo de productos de la agroindustria	7
2. Implementación del modelo del sector agroindustrial en Open Modelica	10
2.1. Librería de sistemas dinámicos de Open Modelica	10
2.2. Implementación de modelos	11
2.3. Parámetros	11
3. Simulación	16



Índice de figuras

1.1. Modelo de cultivo de productos agrícolas	5
1.2. Modelo del sector agroindustrial en Venezuela	7
1.3. Modelo del consumo de productos agrícolas en Venezuela	9
2.1. Modelo del cultivo de productos agrícolas en Venezuela	12
2.2. Modelo del procesamiento industrial de productos agrícolas en Venezuela	13
2.3. Modelo del consumo de productos agrícolas en Venezuela	14
2.4. Modelo del sector agroindustrial en Venezuela	15
3.1. Simulación del café cosechado y café sembrado	19
3.2. Simulación de la siembra y cosecha de café	20
3.3. Simulación de la superficie sembrada y cosechada de café	21
3.4. Simulación de la importación de insumo en la industria del café	22
3.5. Simulación de la exportación del café	23
3.6. Simulación de la producción del café	24
3.7. Simulación de la extracción del café	25
3.8. Simulación de la demanda y producción del café	26
3.9. Simulación del consumo del café	27
3.10. Simulación de la disponibilidad del café	28
3.11. Simulación de la importación de café	29



Índice de cuadros

2.1. Parámetros para el modelo de cultivo	11
2.2. Parámetros para el modelo de la agroindustria	15
2.3. Parámetros para el modelo de consumo	15
3.1. Parámetros para el modelo de cultivo del café	16
3.1. Parámetros para el modelo de cultivo del café	17
3.2. Parámetros para el modelo de industria del café	17
3.3. Parámetros para el modelo de consumo del café	17
3.3. Parámetros para el modelo de consumo del café	18

Capítulo 1

Modelo del sector agroindustrial

1.1. Cultivo de productos agrícolas

Se consideran como productos agrícolas a todos aquellos bienes generados por la agricultura (verduras, hortalizas, cereales, frutas, entre otros). Estos pueden estar destinados para el consumo final de los hogares o ser insumos para la industria.

La estructura del proceso de cultivo de productos agrícolas se plantea de forma genérica para poder modelar varios rubros, en este proceso se contempla la siembra y la cosecha del producto.

El modelo se plantea como se puede apreciar en la figura 1.1 y se describe mediante las siguientes ecuaciones:

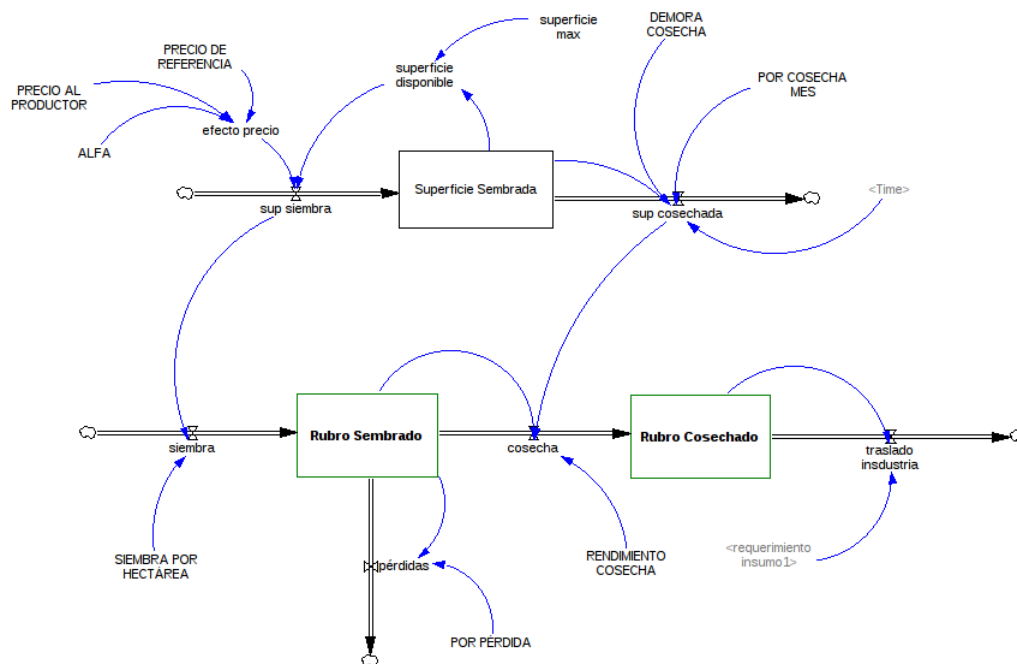
$$efecto_precio = \left(\frac{PRECIO_AL_PRODUCTOR}{PRECIO_DE_REFERENCIA} \right)^{ALFA} \quad (1.1)$$

$$sup_disponible = ABS(sup_max - sup_sembrada) \quad (1.2)$$

$$sup_siembra = \min(sup_disponible, sup_disponible * efecto_precio) \quad (1.3)$$

$$siembra = sup_siembra * SIEMBRA_HECTAREA \quad (1.4)$$

Figura 1.1: Modelo de cultivo de productos agrícolas



$$sup_cosechada = PORC_COSECHA_MES(t) * \frac{sup_sembrada}{DEMORA_COSECHA} \quad (1.5)$$

$$cosecha = \min(Rubro_sembrado, sup_cosechada * REND_COSECHA) \quad (1.6)$$

$$perdidas = Rubro_sembrado * PORC_PERDIDA \quad (1.7)$$

$$traslado_industria = \min(Rubro_cosechado, requerimiento_insumo) \quad (1.8)$$

1.2. Agroindustria

El modelo de la transformación de los productos agrícolas en la industria se plantea como se puede apreciar en la figura 1.2 y se describe mediante las siguientes ecuaciones:

$$requerimiento_insumo = RELACION_IP * PRODUCCION_DESEADA \quad (1.9)$$

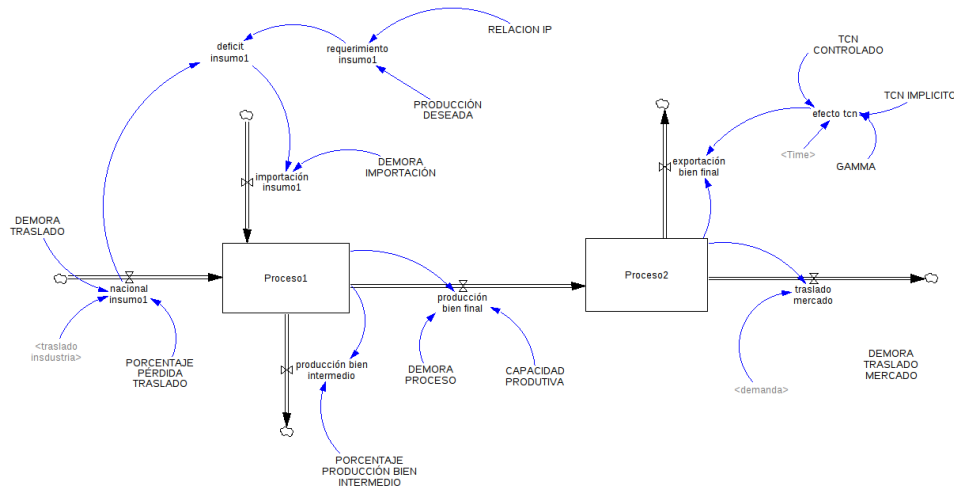
$$deficit_insumo = requerimiento_insumo - nacional_insumo \quad (1.10)$$

$$nacional_insumo = \frac{traslado_industria}{DEMORA_TRASLADO} * (1 - PORC_PERDIDA_TRASLADO) \quad (1.11)$$

$$importacion_insumo = \begin{cases} \frac{deficit_insumo}{DEMORA_IMPORTACION}, & \text{si } deficit_insumo > 0 \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases} \quad (1.12)$$

$$produccion_bien_int = Proceso1 * PORC_PRODUCCION_BIEN_INT \quad (1.13)$$

Figura 1.2: Modelo del sector agroindustrial en Venezuela



$$produccion_bien_final = \min\left(\frac{Proceso1}{DEMORA_PROCESO}, \frac{CAPAC_PRODUCTIVA}{DEMORA_PROCESO}\right) \quad (1.14)$$

$$exportacion_bien_final = Proceso2 * efecto_tcn \quad (1.15)$$

$$efecto_tcn = (TCN_IMPLICITO(t) - TCN_CONTROLADO(t))^{-GAMMA} \quad (1.16)$$

$$traslado_mercado = \min(Proceso2, demanda) \quad (1.17)$$

1.3. Consumo de productos de la agroindustria

El modelo de consumo de productos agrícolas en Venezuela se plantea como se puede apreciar en la figura 1.3 y se describe mediante las siguientes ecuaciones:

$$demanda = CONSUMO_PER_CAPITA * POBLACION \quad (1.18)$$

$$importacion = demanda_insatisfecha \quad (1.19)$$

$$demanda_insatisfecha = \begin{cases} 0, & \text{si } consumo > demanda \\ demanda - consumo, & \text{otro caso} \end{cases} \quad (1.20)$$

$$extraccion = Disponibilidad * efecto_extraccion \quad (1.21)$$

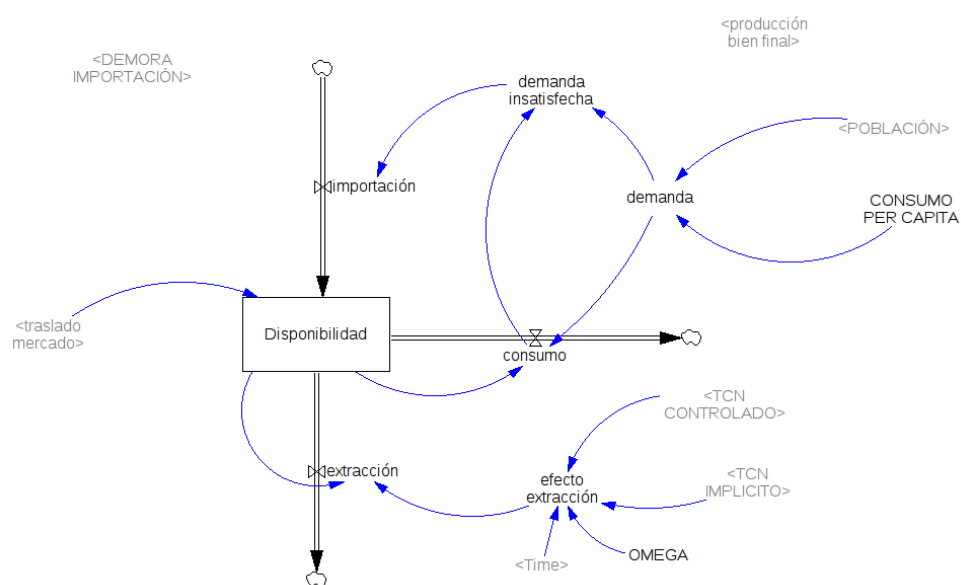
$$efecto_ext = (TCN_IMPLICITO(t) - TCN_CONTROLADO(t))^{OMEGA} \quad (1.22)$$

$$consumo = \begin{cases} Disponibilidad, & \text{si } demanda > Disponibilidad \\ demanda, & \text{otro caso} \end{cases} \quad (1.23)$$

$$nacimientos = Poblacion * TASA_NATALIDAD \quad (1.24)$$

$$muertes = Poblacion * TASA_MORTALIDAD \quad (1.25)$$

Figura 1.3: Modelo del consumo de productos agrícolas en Venezuela



Capítulo 2

Implementación del modelo del sector agroindustrial en Open Modelica

La documentación de la librería de Sistemas Dinámicos [4] ha permitido la implementación de estos modelos de cultivo, agroindustria y consumo de productos agrícolas en Venezuela, usando Open Modelica.

2.1. Librería de sistemas dinámicos de Open Modelica

Los autores de esta librería la ven como un valioso aporte cuando se trata de modelar sistemas dinámicos sociales en conjunto con modelos de sistemas del dominio de la ingeniería [1], pues permite utilizar esta librería para modelar los sistemas blandos (sociales) y la amplia gama de componentes que tiene Open Modelica para sistemas duros (del área de ingeniería).

Modelica es un lenguaje declarativo de alto nivel para describir comportamientos matemáticos [2]. Tiene un sistema de paquetes que permite reutilizar modelos, conceptualmente un paquete es como un directorio dado que contiene una colección de entidades de Modelica que luego puede ser referenciadas o importadas para evitar duplicación.

La librería estándar de bloques de Modelica (Blocks) es un ejemplo de distintos paquetes organizados en una librería para que luego sus modelos puedan ser usados como componentes.

2.2. Implementación de modelos

El modelo de cultivo se implementó en Open Modelica tal como se puede apreciar en la figura 2.1. El modelo de la agroindustria se implementó como se observa en la figura 2.2 y el modelo de consumo fue implementado como se muestra en 2.3.

Para simular al sector agroindustrial se conectaron los modelos de cultivo, agroindustria y consumo, tal como se aprecia en la figura 2.4. Esta conexión se hace mediante las variables: traslado_mercado, demanda, traslado_industria y requerimiento_insumo.

2.3. Parámetros

Para cada rubro agrícola a simular se requieren varios parámetros en cada modelo. En las tablas 2.1, 2.2 y 2.3 se presenta la lista de los parámetros por modelo.

Cuadro 2.1: Parámetros para el modelo de cultivo

Cultivo
Superficie inicial (ha)
Porcentaje de siembra por ha
Rendimiento de la cosecha por hectárea (t/ha/Mes)
Demora para la cosecha del producto agrícola (Mes)
Superficie máxima en (ha)
Elasticidad del precio del rubro
Precio de referencia (Bs./ton.)
Precio al productor (Bs./ton.)
Porcentaje de cosecha por mes

Figura 2.1: Modelo del cultivo de productos agrícolas en Venezuela

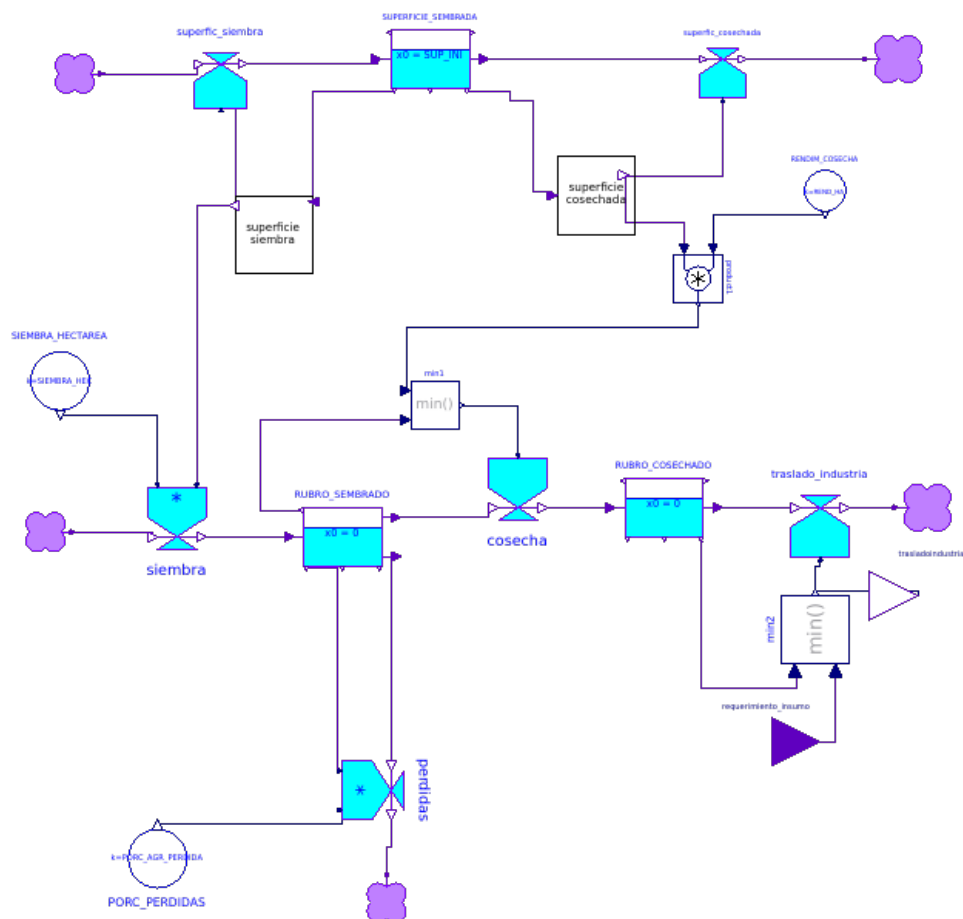


Figura 2.2: Modelo del procesamiento industrial de productos agrícolas en Venezuela

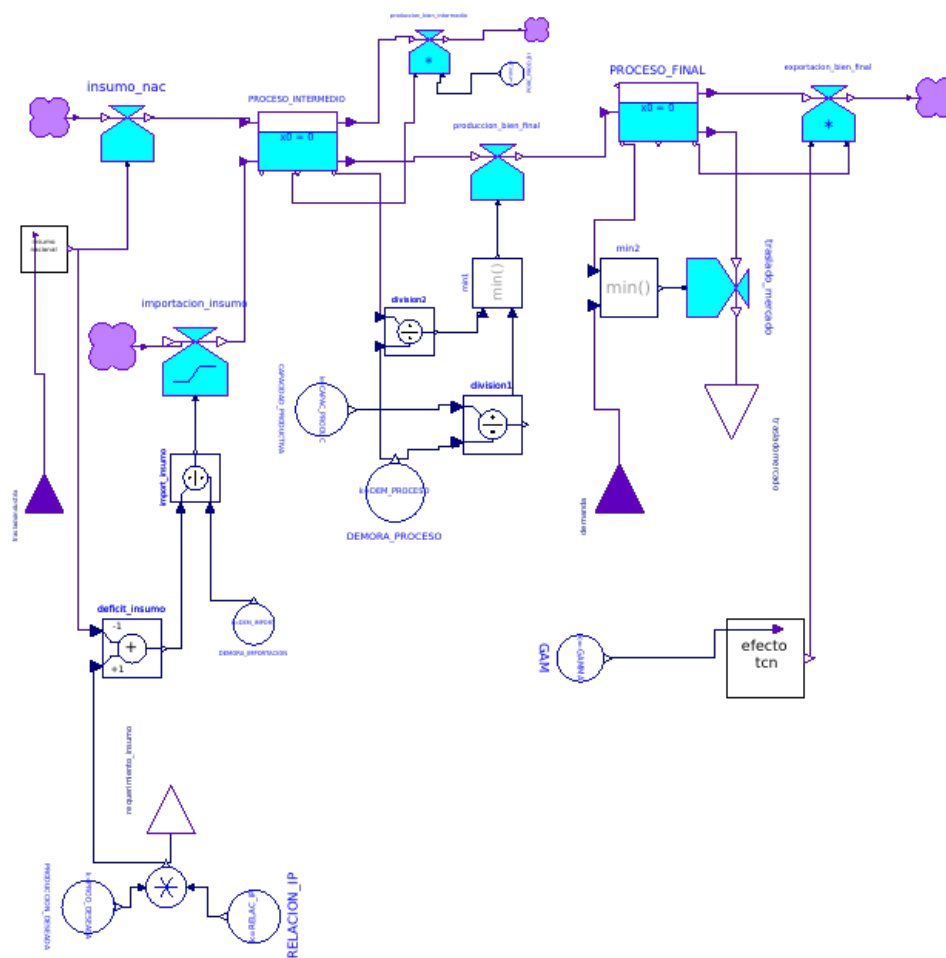


Figura 2.3: Modelo del consumo de productos agrícolas en Venezuela

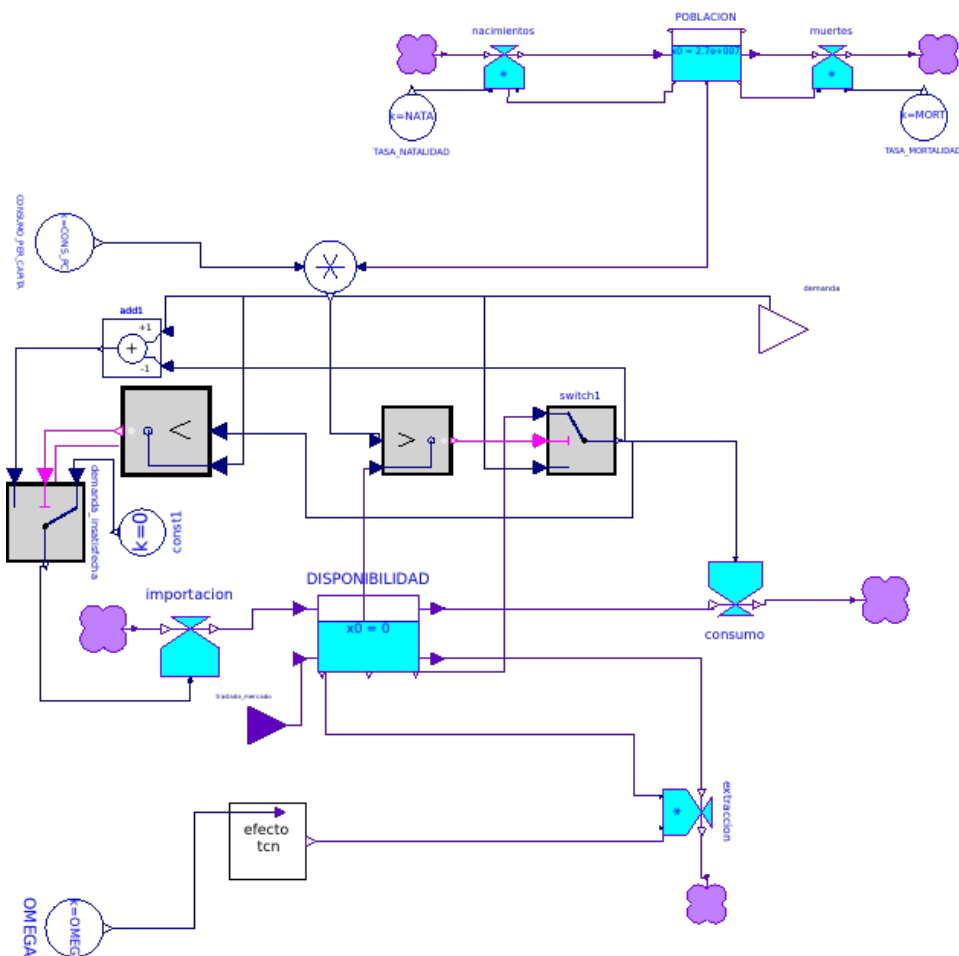
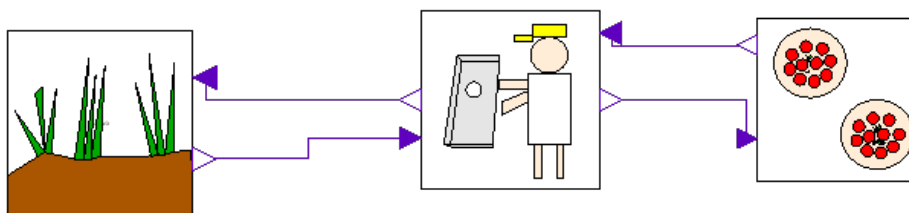


Figura 2.4: Modelo del sector agroindustrial en Venezuela



Cuadro 2.2: Parámetros para el modelo de la agroindustria

Agroindustria
Demora en importación (Mes)
Producción deseada (ton)
Relación IP
Demora de proceso
Capacidad de producción
Porcentaje de producción de bien intermedio
GAMMA
Demora de traslado de mercado

Cuadro 2.3: Parámetros para el modelo de consumo

Consumo
Tasa de natalidad
Tasa de mortalidad
Consumo per cápita del rubro
Tipo de cambio nominal implícito (Bs por dólar/Mes)
Tipo de cambio nominal controlado (Bs por dólar/Mes)
OMEGA

Capítulo 3

Simulación

Para probar la implementación del modelo se tomó como referencia al rubro de café, con los valores de los parámetros que están en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3, para realizar la simulación.

Cuadro 3.1: Parámetros para el modelo de cultivo del café

Cultivo	
Superficie inicial (ha)	207.143
Porcentaje de siembra por ha	0,8
Rendimiento de la cosecha por hectárea (t/ha/Mes)	0,274
Demora para la cosecha del producto agrícola (Mes)	6
Superficie máxima en (ha)	538.039
Elasticidad del precio del rubro	0,42
Porcentaje de cosecha por mes	[1, 0; 2, 0; 3, 0; 4, 0; 5, 0; 6, 0; 7, 0.2; 8, 0.4; 9, 0.6; 10, 0.7; 11, 0.7; 12, 0.8]
Precio de referencia (Bs./ton.)	140.000

Cuadro 3.1: Parámetros para el modelo de cultivo del café

Cultivo	
Precio al productor (Bs./ton.)	23.000

Cuadro 3.2: Parámetros para el modelo de industria del café

Agroindustria	
Demora en importación (Mes)	3
Producción deseada (ton)	15.000
Relación IP	0,5
Demora de proceso	0,5
Capacidad de producción	10.000
Porcentaje de producción de bien intermedio	0,5
GAMMA	0,85
Demora de traslado de mercado	0,5

Cuadro 3.3: Parámetros para el modelo de consumo del café

Consumo	
Tasa de natalidad	0,02/12
Tasa de mortalidad	0,001/12
Consumo per cápita del rubro	2/1000
OMEGA	0,32
Tipo de cambio nominal implícito (Bs por dólar/Mes)	[1, 91.5; 2, 91; 3, 91.9; 4, 95.6; 5, 100.1; 6, 112.3; 7, 125.5; 8, 132.2; 9, 142.1; 10, 151.5; 11, 160.6; 12, 170]
Tipo de cambio nominal controlado (Bs por dólar/Mes)	[1, 6.3; 2, 6.3;

Cuadro 3.3: Parámetros para el modelo de consumo del café

Consumo	
	3, 12;
	4, 12;
	5, 12;
	6, 12;
	7, 12;
	8, 12;
	9, 12;
	10, 12;
	11, 12;
	12, 12]

Una vez realizada la simulación para 12 meses se obtuvieron los resultados que pueden apreciarse en las figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.11 y 3.11 para el rubro del café. Estos resultados son similares a los que se obtienen con la implementación del mismo modelo usando el software privativo Vensim [3].

Figura 3.1: Simulación del café cosechado y café sembrado

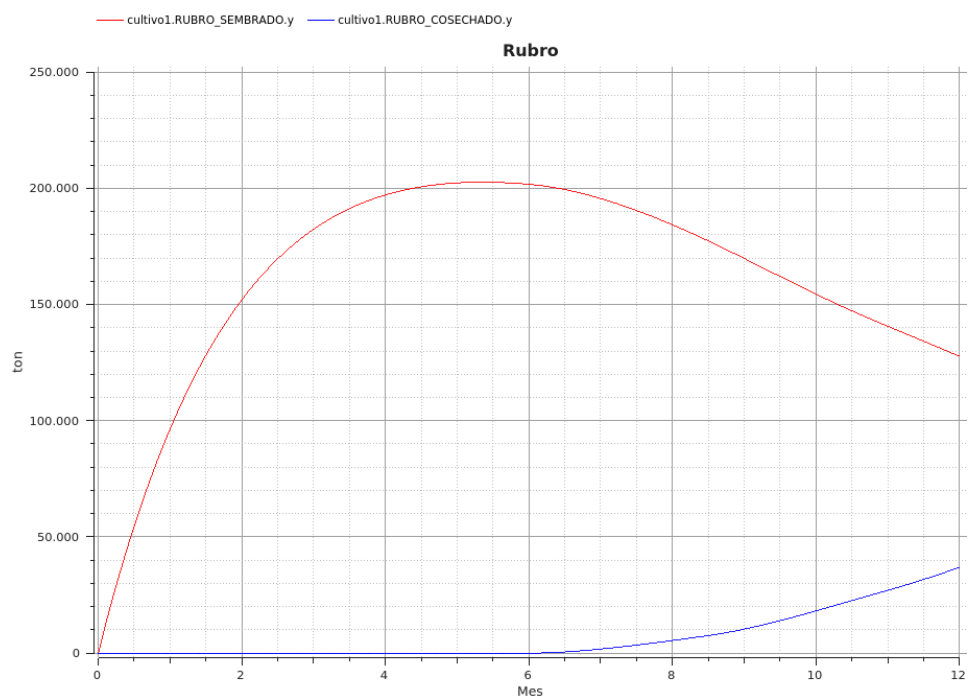


Figura 3.2: Simulación de la siembra y cosecha de café

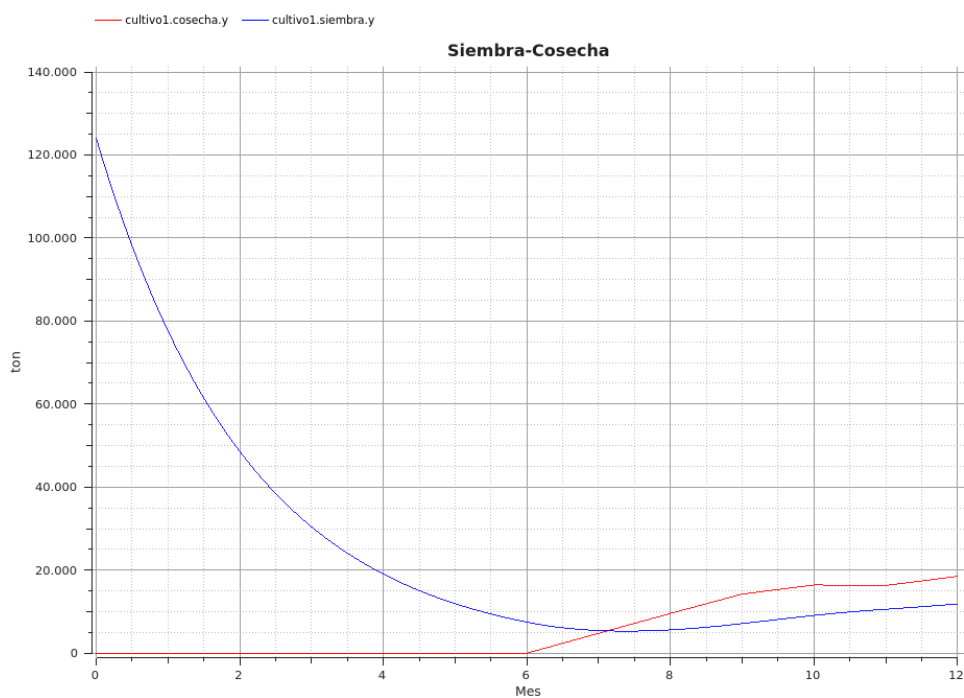


Figura 3.3: Simulación de la superficie sembrada y cosechada de café

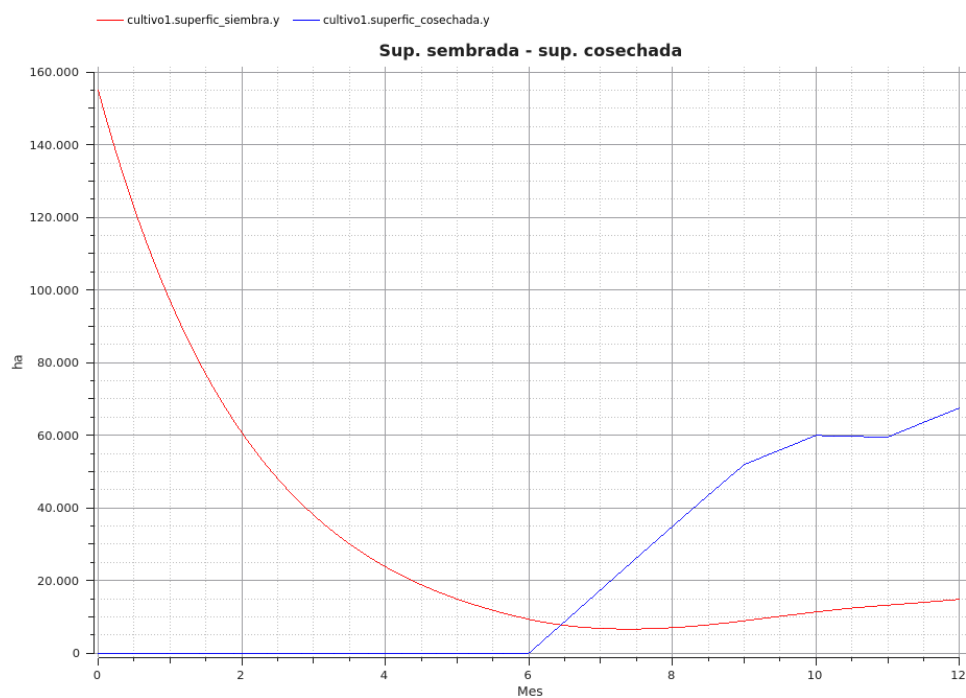


Figura 3.4: Simulación de la importación de insumo en la industria del café

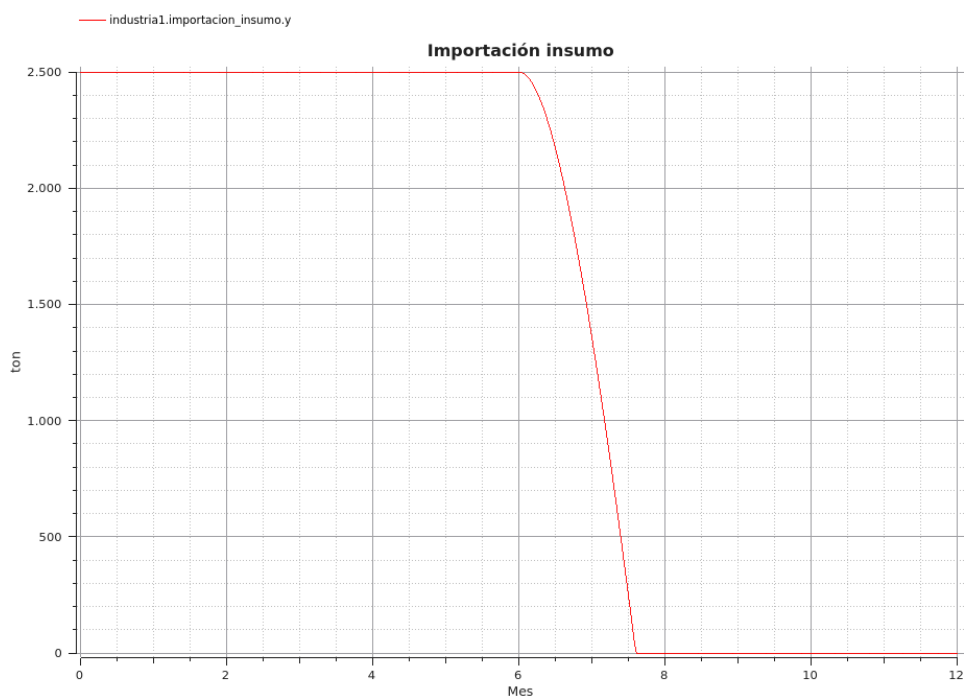


Figura 3.5: Simulación de la exportación del café

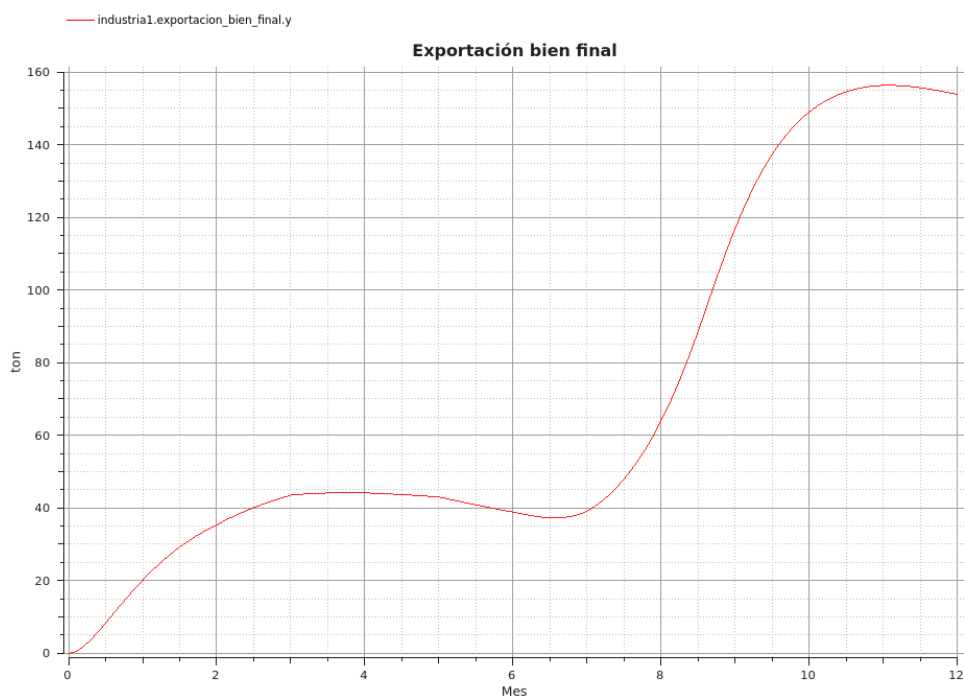


Figura 3.6: Simulación de la producción del café

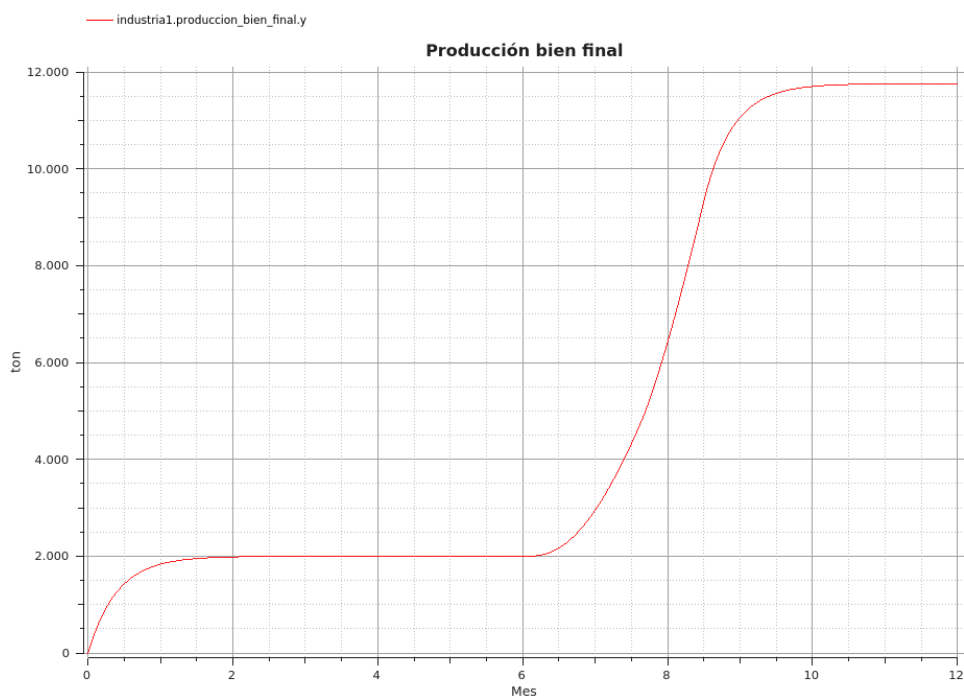


Figura 3.7: Simulación de la extracción del café

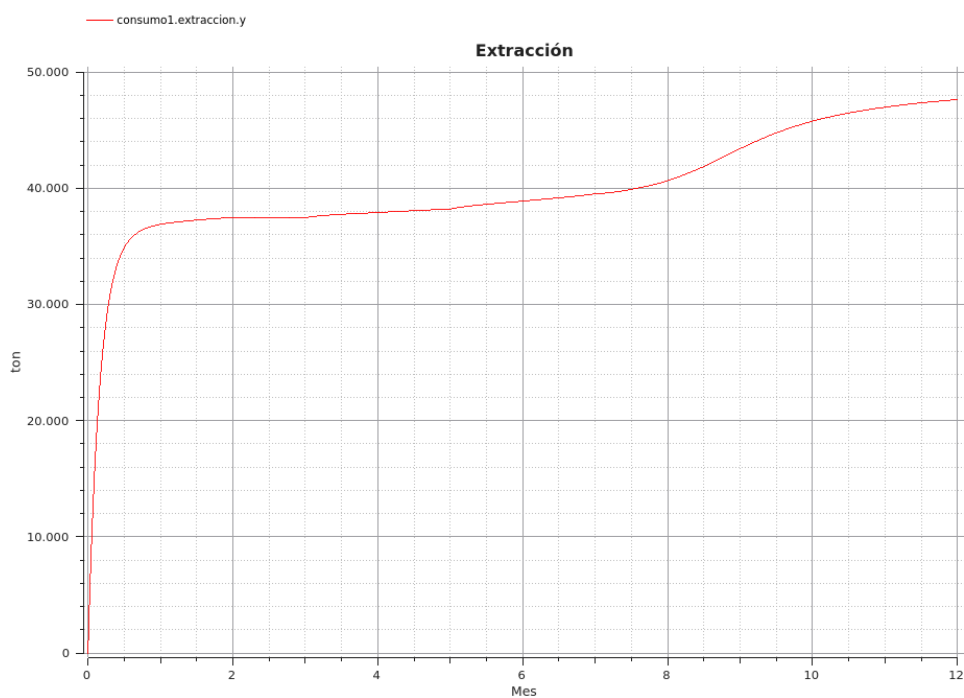


Figura 3.8: Simulación de la demanda y producción del café

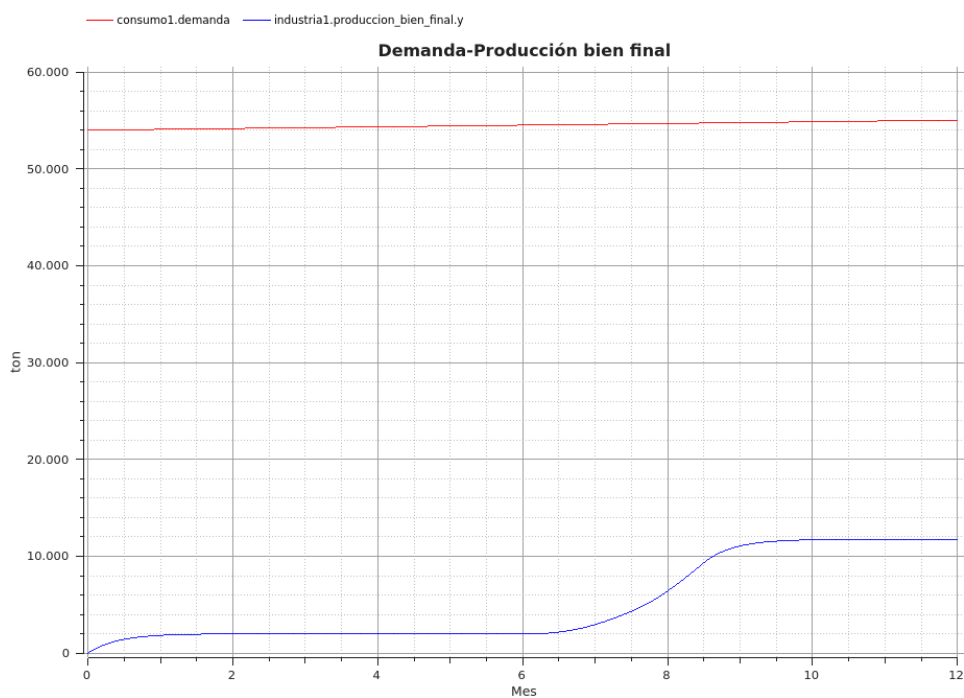


Figura 3.9: Simulación del consumo del café

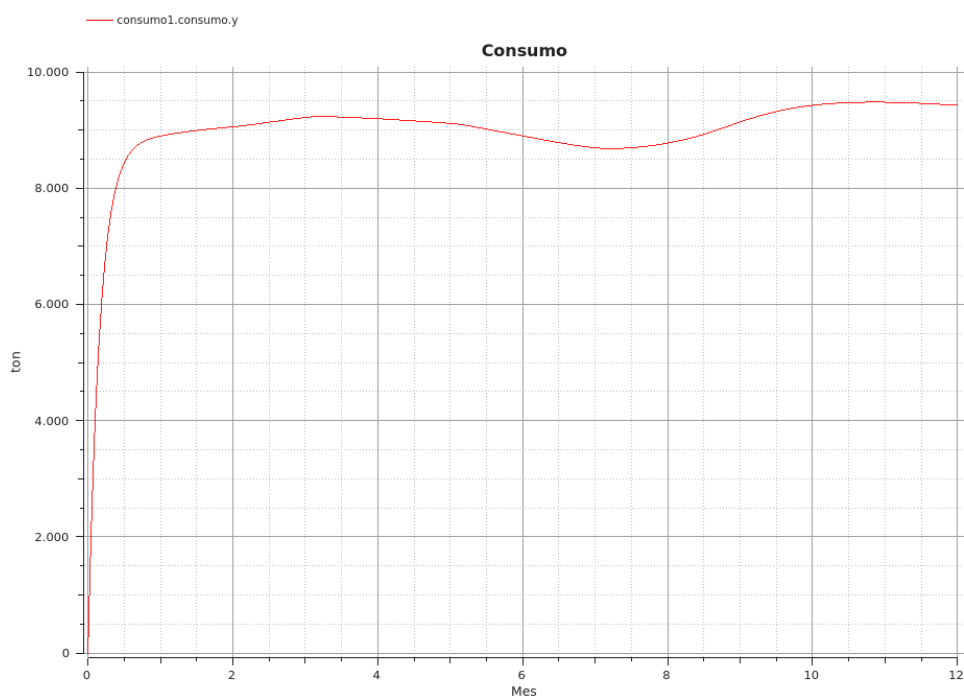


Figura 3.10: Simulación de la disponibilidad del café

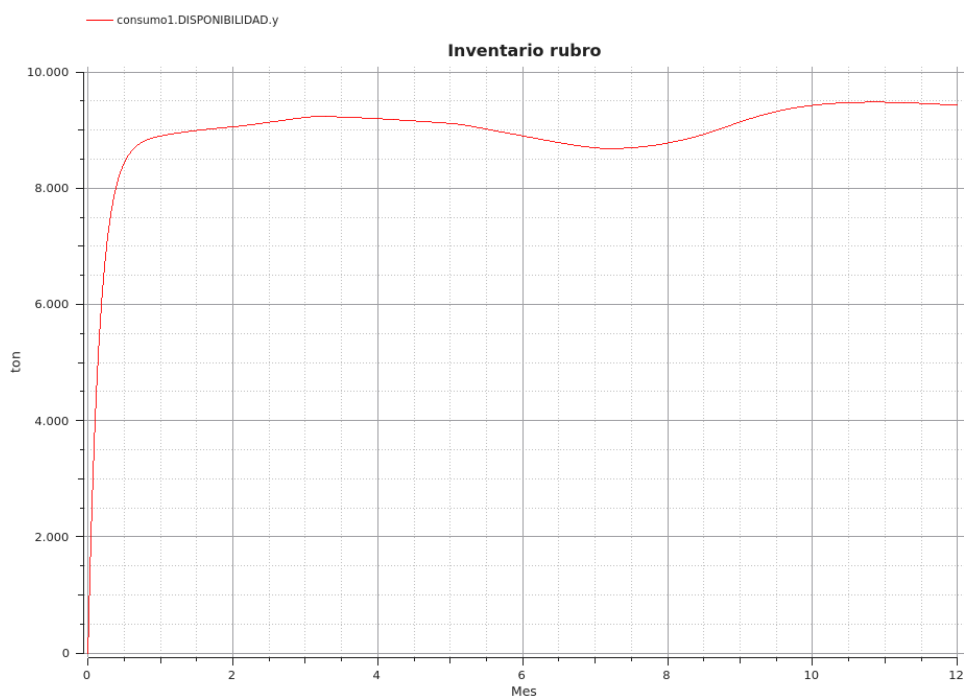
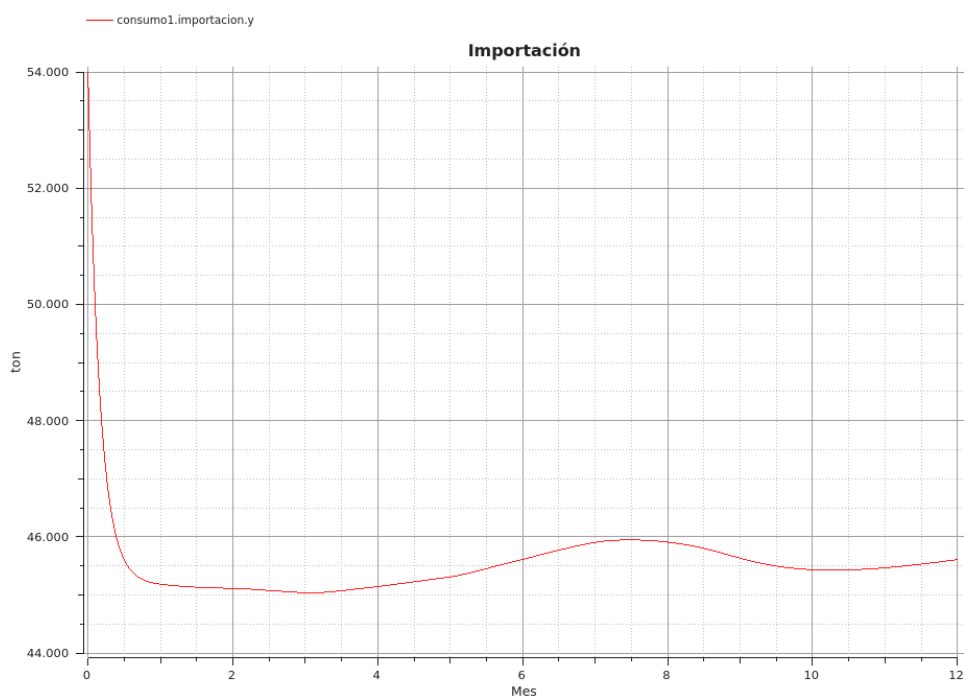


Figura 3.11: Simulación de la importación de café



Bibliografía

- [1] Stefan Max and Otto Fabricius. Systemdynamics modelica library brief feature and example documentation, April 2002.
- [2] M. Tiller. *Modelica by Example*. Mayo 2014.
- [3] Inc. Ventana Systems. Vensim. <http://vensim.com> (Accessed 9 Feb, 2015).
- [4] François Cellier y Stefan Fabricius. System dynamics open modelica library documentation. <https://build.openmodelica.org/Documentation/SystemDynamics.html> (Accedido el 16 de Abril, 2015), October 2013. System Dynamics Package Version 2.1.