



Ing. Jesús Velásquez-Bermúdez, Dr. Eng.  
Chief Scientist DecisionWare - DO Analytics  
[jesus.velasquez@decisionware.net](mailto:jesus.velasquez@decisionware.net)

DECISIONWARE

MAKING YOUR WORLD SMARTER



Septiembre 2019

## **ÍNDICE**

- 1 PLANIFICACIÓN RURAL**
- 2 FOREST AND AGRICULTURAL SECTOR OPTIMIZATION MODEL (FASOM)**
- 3 MODELAMIENTO DEL TERRITORIO**

## 1 PLANIFICACIÓN RURAL

La planificación del territorio rural (**POT-RUR**) se concentra en la asignación del suelo agrícola a los diferentes usos productivos y de protección ambiental que tiene que definir el gobernante del territorio teniendo en cuenta los diferentes usos que se puede tener en el territorio. Para ello se debe tener en cuenta que la planificación de un territorio rural debe considerar los siguientes aspectos:

- Compromiso con alta producción de calidad ambiental
- Económicamente rentable
- Resiliente ante los eventos catastróficos que lo pueden afectar.

Se debe reconocer que la calidad de vida en las ciudades tiene una fuerte dependencia de lo que acontezca en lo rural, por las relaciones que los asentamientos y las actividades humanas establecen con los ecosistemas para su desarrollo y su sostenimiento. De estas relaciones se derivan una serie de servicios desde el sector rural, éstos se concretan en tres tipos ofertas: i) materias primas, ii) alimentos, y iii) bienes y servicios ambientales "intangibles"; es posible encontrar múltiples fuentes para satisfacer la demanda de alimentos y la de materias primas, pero algunos de los servicios ambientales se tienen que originar necesariamente de los regiones rurales próximas a los centros urbanos; por otro lado, se debe planificar que los servicios ambientales además de atender demandas de índole regional, aporten para el cubrimiento de demandas de índole nacional y de índole global.

El **POT** se planteó como un modelo de organización del espacio urbano, fundamentado en la sostenibilidad ambiental, la competitividad, la equidad social, el equilibrio funcional del territorio y un imaginario de ciudad; de la misma forma el **POT-RUR** debe servir para que las autoridades tengan una visión del imaginario del territorio rural.

Por lo tanto la planificación debe cumplir con una función ecológica equilibrante para el territorio y para las áreas circundantes, con una eficiente actividad bio-industrial, una oferta ecoturística, una oferta energética renovable y con planes de gestión de desastres para mitigar su impacto. Para tomar beneficio de ello se requiere suficiente dotación de vías y de equipamientos para el desarrollo integral y el bienestar de sus habitantes, y para la adecuada articulación con las áreas urbanas cercanas.

Un ejemplo de planificación bio-industrial es el modelo de economía rural **FASOM** (Forest and Agricultural Sector Optimization Model, Adams et. al. 1996), que se tomará como referencia de las metodologías utilizadas para el estudio de la asignación del suelo rural.

## 2 FOREST AND AGRICULTURAL SECTOR OPTIMIZATION MODEL (FASOM)

### 2.1 MARCO DE REFERENCIA TÉCNICO-ECONÓMICO

**FASOM** es un modelo dinámico de programación no-lineal de los sectores agrícola y silvícola de USA que describe la asignación dinámica del suelo rural a través del tiempo, como consecuencia de la competencia de las actividades forestales con los sectores agrícolas. Fue desarrollado para la U.S. Environmental Protection Agency (**EPA**) para evaluar el "bienestar social" y los impactos en el mercado bio-industrial de políticas alternativas para manejar la captura de carbono (CO<sub>2</sub>, Carbon Sequestration) en los árboles. Adicional a las consideraciones originales, en la actualidad se ha integrado al modelo el manejo de las fuentes de energía renovables, proveniente del viento, la luminosidad solar y la biomasa asociada a los desechos agroindustriales, lo que permite analizar los efectos de cambios climáticos inducidos por políticas gubernamentales, la conducta del mercado y el comportamiento de los agentes económicos en ambos sectores (energético y bio-industrial).

**FASOM** apoya en la toma de decisiones a los encargados de definición de políticas en el sector bio-industrial en lo que se refiere a impactos en:

- Medio ambiente
- Tecnológicos
- Socio-económicos

La parte dinámica de **FASOM** permite estudiar la sustitución de usos del suelo rural, por ejemplo:

- Tierra silvestre por agricultura
- Bosque por agricultura
- Humedal por agricultura
- Agricultura por zona urbana
- Residencial por comercial
- Agricultura por bosque comercial
- Agricultura por granjas energética

El alcance de **FASOM** cubre:

- Recursos naturales
- Agricultura
- Ganadería
- Forestal
- Cadenas productivas
- Mercados: alimentos, fibra, madera
- Mercados de energía

Técnicamente, **FASOM** es un modelo técnico-económico resultado de la integración de varios modelos, que consideran los siguientes conceptos metodológicos:

- Equilibrio económico parcial
- Bottom up
- Insumo – producto
- Maximización del bienestar
- Optimización dinámica
- Planificación integral
- Programación matemática

Los modelos matemáticos integrados son:

- **Timber Assessment Market Model (TAMM)**

El sistema **TAMM** es uno de los ejemplos más conocidos de modelos para el sector forestal. Desde su creación a finales de la década de 1970, **TAMM** ha sido objeto de varias ampliaciones y revisiones diseñadas para mejorar el realismo de sus proyecciones y la utilidad de su producción para los analistas de recursos bio-industriales y los responsables de la política rural. **TAMM** es un modelo espacial de los elementos de inventario de madera maciza del sector de productos forestales de los Estados Unidos y de madera blanda en Canadá. **TAMM** ofrece proyecciones anuales de volúmenes sembrados y de los precios en los mercados de productos de madera, por región geográfica, para períodos hasta de 50 años. Las proyecciones de productos de fibra y de leña se derivan de modelos: **North American Pulp and Paper Model (NAPAP)** y **National Wood Energy Model (NAWEM)**, que están vinculados a **TAMM** a través de las cantidades y de los precios de madera en rollo y de residuos de madera. Los flujos comerciales endógenos en **TAMM** se limitan a la madera blanda y los envíos **Oriented Strand Board (OSB)** y aglomerados entre USA y Canadá. Todos los demás flujos, incluidas las importaciones y exportaciones de troncos de aserradero se establecen externamente.

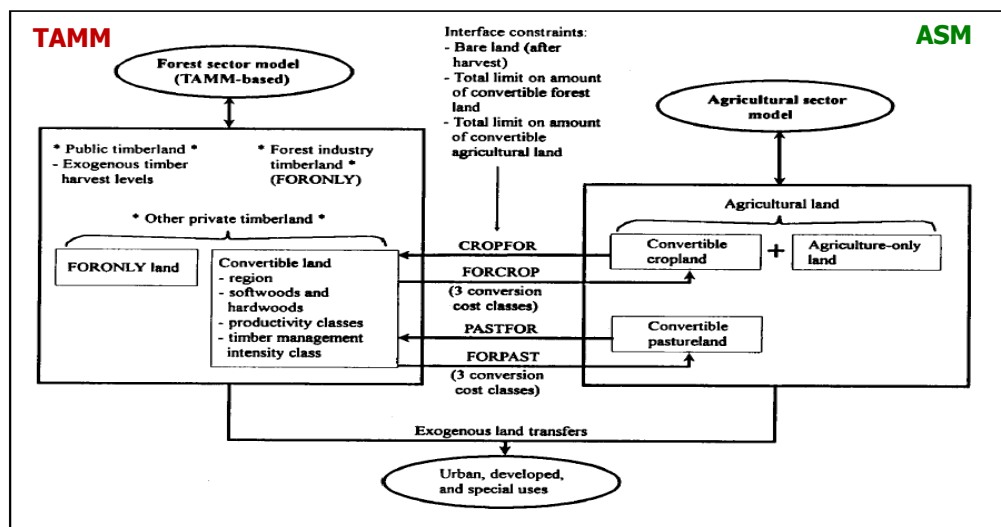


Figure 2—Links of forest and agriculture sectors in FASOM.

- **North American Pulp and Paper Model (NAPAP)**

El modelo **NAPAP** aplica técnicas convencionales de modelado del mercado regional para calcular los equilibrios anuales del mercado basados en la optimización del excedente social (excedente del consumidor más el excedente del productor) en el sector de la pulpa y el papel. Los cambios en las capacidades de producción para los procesos de fabricación de pulpa y de papel, incluidos los cambios entre la fibra virgen y las tecnologías de reciclaje, se simulan en el modelo como respuestas económicas a las condiciones proyectadas de los equilibrios del mercado que están influenciados por la tecnología cambiante. El modelo **NAPAP** utiliza programación lineal para resolver equilibrios anuales de mercado y de la producción.

- **NAtional Wood Energy Model (NAWEM)**

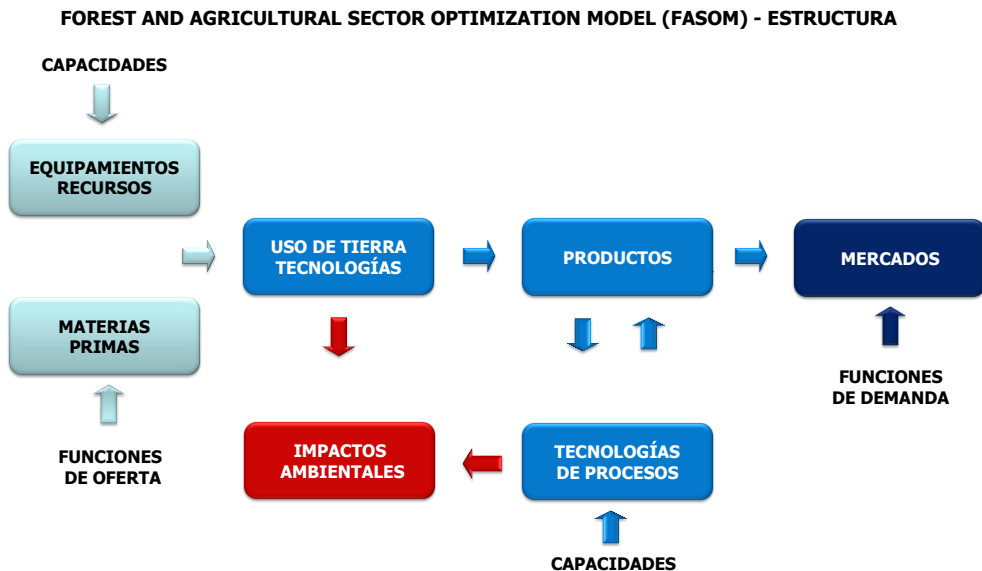
**NAWEM** simula los mercados de combustibles de madera de 15 fuentes el cual se equilibra con la demanda de seis (6) usuarios finales (hogares, fábricas de pulpa/papel/cartón, fábricas de productos de madera maciza, otras industrias, edificios comerciales y empresas eléctricas) para tres regiones de Estados Unidos, en respuesta a los cambios en los combustibles fósiles y el suministro de energía de madera. **NAWEM** utiliza el marco referencia **Price Endogenous Linear Programming (PELPS)** desarrollado en la Universidad de Wisconsin (Zhang, et al., "PELPS III: A Microcomputer Price-Endogenous Linear Programming System Model for Economic Modeling").

- **U.S. Agricultural Sector Model (ASM)**

**ASM** está diseñado para simular los efectos de diversos cambios en el uso de los recursos agrícolas, determinando a su vez las implicaciones para los precios, las cantidades producidas, el excedente social, las exportaciones, las importaciones y el procesamiento de alimentos. **ASM** considera la producción, la transformación, el consumo interno, las importaciones, las exportaciones y la adquisición de insumos. El modelo funciona a partir de un conjunto de presupuestos para varios cultivos primarios y para el ganado. El territorio se desagrega en subregiones geográficas (63 para USA). Cada subregión posee diferentes dotaciones de tierra, mano de obra y agua, así como rendimientos diferenciales de los cultivos. **ASM** distingue entre productos primarios (producidos directamente por las explotaciones agrícolas) y secundarios (productos con valor agregado producidos en el eslabón industrial). **ASM** es un modelo de programación matemática de precios endógenos que utiliza curvas de elasticidad constante para representar las demandas de consumo interno y de exportación.

## 2.2 MARCO DE REFERENCIA FÍSICO

El siguiente diagrama presenta la estructura de **FASOM** el cual describe el funcionamiento de la cadena de abastecimiento de productos de origen bio-industrial.



El diagrama presenta las regiones consideradas en la implementación de **FASOM** para USA.

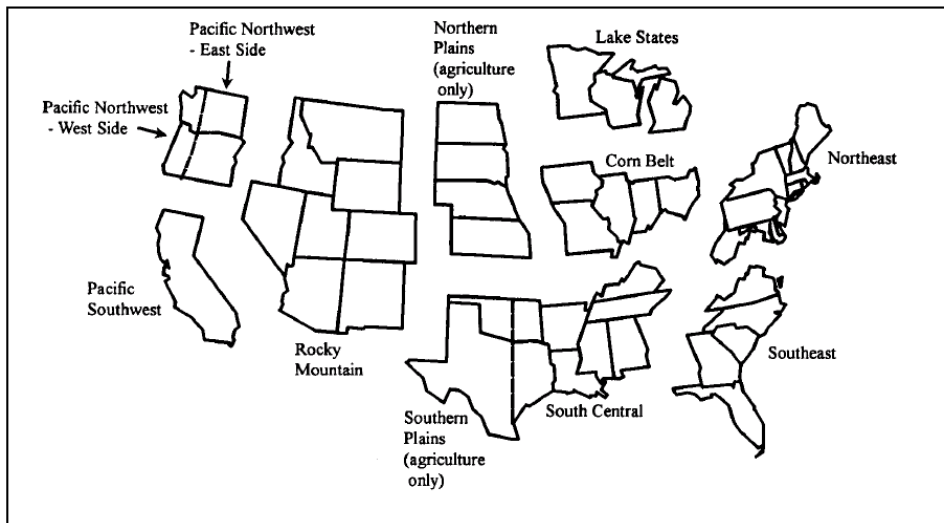


Figure 1—Supply regions used in FASOM.

Los productos considerados para el eslabón primario son:

**Table 1—Primary commodities modeled in FASOM**

No.	Crop commodity	Units <sup>a</sup>	No.	Livestock commodity	Units <sup>a</sup>
1	Cotton	Bales	14	Milk	Cwt
2	Corn	Bushel	15	Cull dairy cows	Head
3	Soybeans	Bushel	16	Cull dairy calves	Head
4	Wheat	Bushel	17	Cull beef cows	Cwt, LW
5	Sorghum	Bushel	18	Calves	Cwt, LW
6	Rice	Cwt	19	Yearlings	Cwt, LW
7	Barley	Bushel	20	Nonfed beef	Cwt, LW
8	Oats	Bushel	21	Fed beef	Cwt, LW
9	Silage	Ton	22	Veal calves	Cwt, LW
10	Hay	Ton	23	Cull sows	Cwt, LW
11	Sugar cane	1000 pounds	24	Hogs	Cwt, LW
12	Sugar beets	1000 pounds	25	Feeder pigs	Cwt, LW
13	Potatoes	Cwt	26	Poultry	GCAU
			27	Cull ewes	Cwt, LW
			28	Wool	Cwt
			29	Feeder lambs	Cwt, LW
			30	Slaughter lambs	Cwt, LW
			31	Unshorn lambs	Cwt, LW
			32	Wool subsidy	\$
			33	Other livestock	GCAU

<sup>a</sup> Cwt = hundred weight; LW = live weight; GCAU = grain-consuming animal unit.

Los productos considerados para el eslabón industrial son:

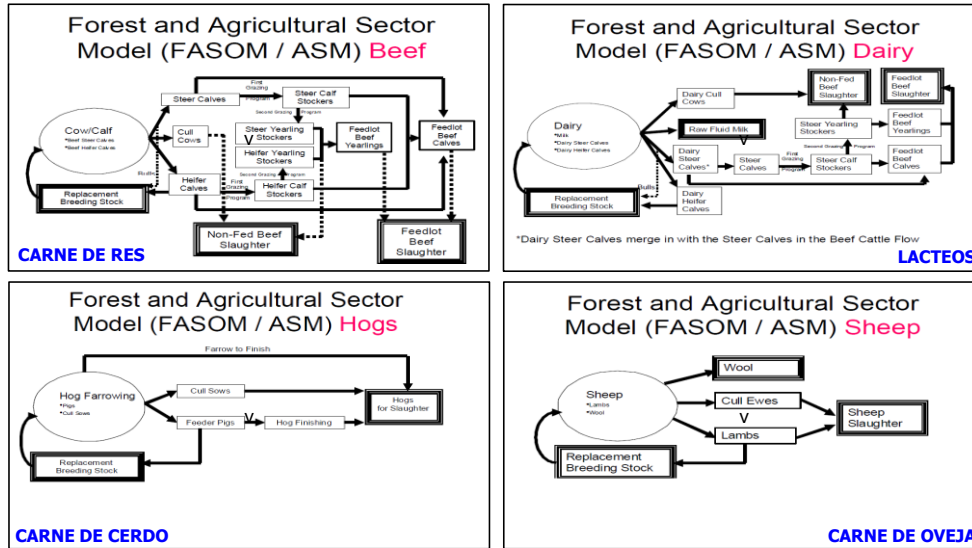
**Table 2—Secondary commodities modeled in FASOM**

No.	Crop commodities	Units <sup>a</sup>	No.	Livestock commodities	Units <sup>a</sup>
1	Soybean meal	Cwt	25	Fluid milk	Cwt
2	Soybean oil	1000 pounds	26	Skim milk	pounds
3	Raw sugar	1000 pounds	27	Nonfat dry milk	pounds
4	Refined sugar	1000 pounds	28	Cream	pounds
5	Corn starch	1000 pounds	29	Butter	pounds
6	Corn gluten feed	1000 pounds	30	Ice cream	pounds
7	Corn oil	1000 pounds	31	American cheese	pounds
8	Ethanol	1000 pounds	32	Other cheese	pounds
9	HFCS <sup>b</sup>	1000 pounds	33	Cottage cheese	pounds
10	Corn syrup	1000 pounds	34	Fed beef	Cwt,CW
11	Dextrose	1000 pounds	35	Nonfed beef	Cwt,CW
12	Confectioneries	1000 pounds	36	Veal	Cwt,CW
13	Beverages	1000 pounds	37	Pork	Cwt,CW
14	Baked goods	1000 pounds			
15	Canned goods	1000 pounds			
16	Dried potatoes	Cwt			
17	Chipped potatoes	Cwt			
18	Frozen potatoes	Cwt			
19	Feed grains	1000 pounds			
20	Dairy protein feed	1000 pounds			
21	High protein swine feed	1000 pounds			
22	Low protein swine feed	1000 pounds			
23	Low protein cattle feed	1000 pounds			
24	High protein cattle feed	1000 pounds			

<sup>a</sup> Cwt = hundred weight, CW = carcass weight.

<sup>b</sup> HFCS = high fructose corn syrup.

**FASOM** incluye el modelamiento de las tecnologías productivas para cada tipo de producto de forma tal de poder evaluar el impacto en el mercado de cambios en dichas tecnologías.



Los parámetros de entrada de **FASOM** son:

- Regiones
- Períodos
- Tipos de suelo
- Especies
- Recursos
- Cohortes
- Tamaños de granja
- Tipos de granja
- Tecnologías
- Productos

La siguiente tabla presenta los inputs modelados en FASOM versión USA.

**Table 3—National inputs modeled in FASOM**

No.	Inputs	Units <sup>a</sup>
1.	Nitrogen	
2.	Potassium	
3.	Phosphorous	
4.	Lime	
5.	Other chemicals	
6.	Custom operation	
7.	Seed costs	
8.	Fuel and energy costs	
9.	Interest on operating capital	
10.	Irrigation energy cost	
11.	Repair costs	
12.	Vet and medical costs	
13.	Marketing and storage costs	
14.	Insurance (except crop)	
15.	Machinery	
16.	Management	
17.	Land taxes	
18.	General overhead costs	
19.	Noncash variable costs	
20.	Crop insurance	
21.	Land rent	
22.	Set-aside (conservation cost)	
23.	Processing labor	
24.	Other variable costs	

<sup>a</sup> All units are U.S. dollars.

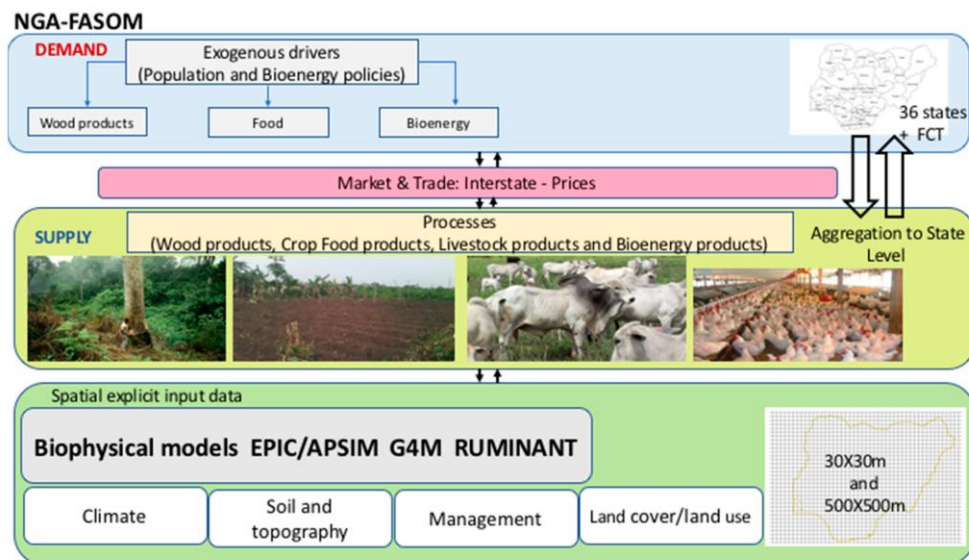
Las ecuaciones incluidas en **FASOM** se clasifican en

- Costos producción

- Recursos disponibles
- Tecnológicas
- Desarrollo productos bio-industriales
- Medioambiente
- Cadenas productivas

### 2.3 CASO: APLICACIÓN DE FASOM EN NIGERIA

El siguiente diagrama presenta la actual implementación del modelo **FASOM** para el sector bio-industrial de Nigeria (**NGA-FASOM**) como apoyo de las políticas bio-industriales del país africano.

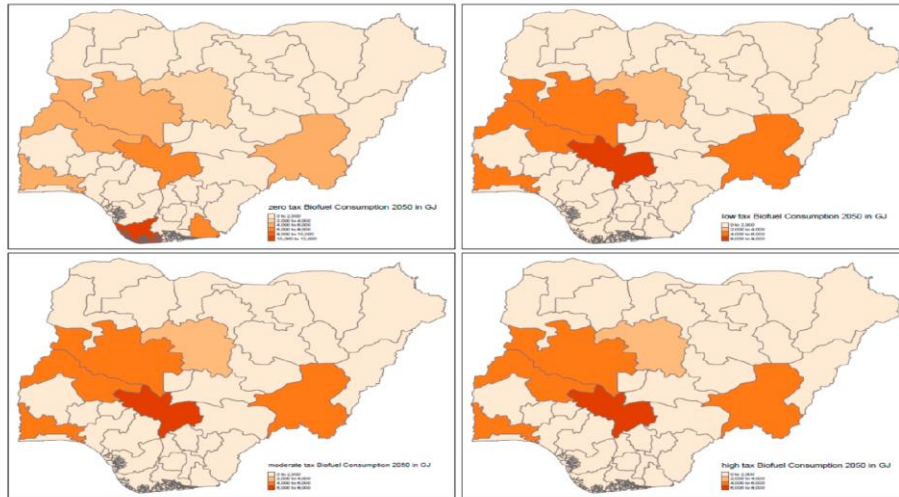


### 2.4 MODELAMIENTO DEL TERRITORIO

Para el caso del modelamiento rural, el territorio puede representarse por medio de:

- Unidades Básicas del Territorio (**UBT**) provenientes de decisiones administrativas previas (similar al modelamiento urbano), tal como lo presenta el siguiente diagrama; y/o

**NGA-FASOM - BIOFUEL CONSUMPTION BY 2050 UNDER SUBSIDY ACTION**



- Cuadrícula Uniforme: subdivide el territorio en "átomos" para que el modelo matemático realice la asignaciones a nivel de los átomos.