



Recibido: 31 de marzo de 2023  
Aceptado: 02 de junio de 2023

CATEGORIA Tecnología  
DOI 10.59157/redicyt1120232

## **La dinámica de sistemas y la simulación de cadenas de suministro de biocombustibles.**

Dr. Armin Trujillo Mata  
<https://orcid.org/0000-0002-8626-962X>  
armtrujillo@uv.mx

Universidad Veracruzana  
Facultad de Administración y Contaduría, SEA  
Veracruz, México

Dr. Carlos Vázquez Cid de León  
<https://orcid.org/0000-0003-2067-0565>  
carlosvazquezc@mixteco.utm.mx

Universidad Tecnológica de la Mixteca  
Instituto de Ingeniería Industrial y Mecánica Automotriz  
Oaxaca, México

### **Síntesis.**

La dinámica de sistemas es muy útil para simular cadenas de suministro como las de los biocombustibles.

### **Cuerpo del Artículo**

#### **La dinámica de sistemas y la simulación de cadenas de suministro de biocombustibles.**

Desde el año 2010, el Gobierno de México a través de la Secretaría de Energía (SENER) exigió que se exploren y desarrollen nuevas fuentes de energía, para reducir el impacto ambiental que tiene el uso de combustibles fósiles en el país (SENER 2011). Por lo tanto, surgió la necesidad de buscar combustibles alternativos o fuentes de energía alternativas como los biocombustibles. De los diversos biocombustibles que se producen en la actualidad, el etanol es el que ha asumido una posición de liderazgo a nivel mundial.

Por otro lado, para que la cadena de suministro del bioetanol sea eficiente, se debe analizar detenidamente, identificar las variables que intervienen en ella y cómo están interrelacionadas. Al ser las cadenas de suministro sistemas complejos, la dinámica de sistemas es una herramienta valiosa para modelar y simular estos sistemas ya que se considera que la dinámica de sistemas permite a los usuarios comprender mejor cómo funcionan estos sistemas y cómo interactúan las diversas variables que lo conforman.

En la dinámica de sistemas, los sistemas se modelan como una red de componentes interconectados que interactúan entre sí. Estos componentes pueden ser variables, como la producción de una fábrica o la demanda de un producto, y las relaciones entre ellos se representan mediante ecuaciones matemáticas. La dinámica de sistemas permite simular el comportamiento de un sistema a través del tiempo, lo que permite a los usuarios comprender cómo el sistema evoluciona y cómo diferentes factores pueden afectar su comportamiento. Los usuarios pueden cambiar las variables de entrada en el modelo y observar cómo estos cambios afectan el sistema.



En cuanto al bioetanol, este es un biocombustible que se produce a partir de materiales orgánicos como el maíz, la caña de azúcar, la remolacha y otros cultivos energéticos como el sorgo. El bioetanol es una alternativa prometedora al combustible fósil convencional debido a su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Se produce a partir de materiales biológicos, como cultivos agrícolas, residuos forestales y otros productos de biomasa. A medida que la demanda de biocombustibles aumenta, se vuelve cada vez más importante desarrollar cadenas de suministro sostenibles y eficientes para el bioetanol.

La cadena de suministro del bioetanol es compleja y está compuesta por múltiples etapas, desde la producción de materia prima hasta la entrega del combustible final al consumidor. Cada etapa de la cadena de suministro es crítica para garantizar la calidad y la sostenibilidad del producto final. Por lo tanto, es esencial que los diferentes actores de la cadena trabajen juntos y se comuniquen de manera efectiva para garantizar una cadena de suministro eficiente y sostenible.

El proceso de producción de bioetanol es un sistema complejo que involucra varias etapas, incluyendo la producción de materias primas, la conversión de estas materias primas en etanol, y la distribución del etanol a los consumidores finales.

Una de las primeras etapas de la cadena de suministro del bioetanol es la producción de materia prima. Los cultivos agrícolas como el maíz y la caña de azúcar son las principales fuentes de materia prima para la producción de bioetanol. Es importante que la producción de estos cultivos sea sostenible y tenga en cuenta las preocupaciones ambientales y sociales. Es importante mencionar que, en la actualidad, se busca que los agricultores utilicen prácticas agrícolas sostenibles y de esta manera, garantizar que la producción de cultivos no tenga un impacto negativo en el medio ambiente.

La siguiente etapa de la cadena de suministro del bioetanol es la producción del bioetanol en sí. La producción de bioetanol puede ser costosa y requiere una inversión significativa en equipos y tecnología. Es importante que los productores de bioetanol utilicen tecnologías eficientes y sostenibles que reduzcan el consumo de energía y minimicen los residuos y las emisiones. Además, los productores deben garantizar que el proceso de producción sea seguro y tenga en cuenta la salud y la seguridad de los trabajadores y la comunidad local.

La última etapa de la cadena de suministro del bioetanol es el transporte y la distribución. Es importante que el transporte y la distribución se realicen de manera eficiente para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir el impacto ambiental. Además, es esencial que los actores de la cadena de suministro trabajen juntos para garantizar que el bioetanol se entregue de manera segura y oportuna a los consumidores finales.

Es por todo esto, que el uso de la dinámica de sistemas para modelar la producción del etanol o toda su cadena de suministro, puede ayudar a comprender mejor las dinámicas subyacentes de la cadena de suministro y tomar decisiones informadas sobre la gestión de las operaciones en su producción y distribución.

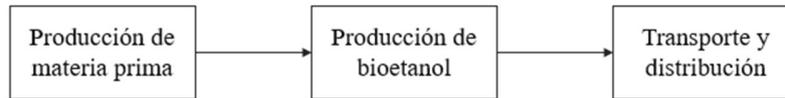


Figura 1. Esquema general de una cadena de suministro de bioetanol.

El primer paso en la construcción de un modelo de dinámica de sistemas para la cadena de suministro de bioetanol es identificar los componentes clave del sistema y las relaciones entre ellos. En el caso del bioetanol, estos componentes podrían incluir los cultivos energéticos utilizados como materias primas, los procesos de conversión del etanol, los canales de distribución, los precios de mercado y la demanda del consumidor final.

Por ejemplo, la ecuación para la producción de cultivos energéticos podría tener en cuenta factores como la disponibilidad de tierra, el clima y los precios de mercado, mientras que la ecuación para la demanda de etanol podría considerar factores como los precios del petróleo y la política gubernamental en materia de energías renovables.

Una vez que se han identificado las variables que conforman el sistema, se puede construir un modelo de simulación utilizando un software de dinámica de sistemas. Este modelo debe incluir ecuaciones que describan las relaciones entre los componentes del sistema (variables), así como las tasas de cambio y las condiciones iniciales de cada componente o variable. Los softwares para dinámica de sistemas utilizan una interfaz gráfica de usuario para construir modelos de simulación utilizando diagramas de flujo. En estos diagramas, los componentes del sistema se representan como cajas y las relaciones entre ellos se representan como flechas.

También utilizan ecuaciones matemáticas para modelar las relaciones entre los componentes del sistema. Estas ecuaciones describen cómo los componentes del sistema interactúan entre sí y cómo cambian con el tiempo.

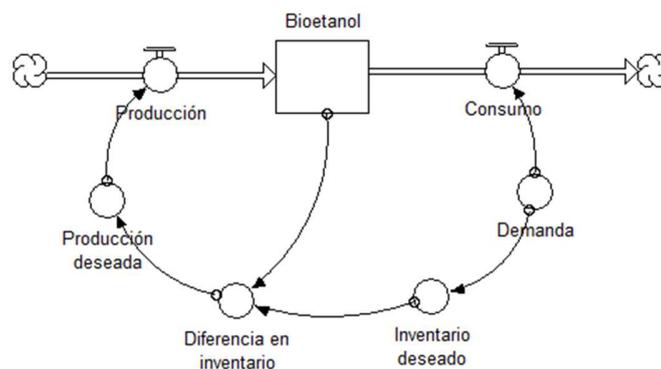


Figura 2. Ejemplo de una sección de un modelo de dinámica de sistemas para analizar la cadena de suministro de bioetanol.



Una vez que se ha construido el modelo de simulación, estos programas permiten realizar análisis de sensibilidad y experimentos para evaluar cómo diferentes factores pueden afectar el sistema. Por ejemplo, se puede analizar cómo un cambio en una variable de entrada, como el precio de la materia prima, afectaría la producción y los costos del sistema. También, por ejemplo, se podría analizar cómo un aumento en los precios del petróleo puede llegar a afectar la demanda de etanol o cómo una sequía podría afectar la producción de cultivos energéticos. También podría analizarse cómo se espera que crezca la demanda del etanol en los próximos años en función de las necesidades actuales y de las políticas definidas para la transición al uso de energías alternativas.

En conclusión, las cadenas de suministro del bioetanol son críticas para garantizar la sostenibilidad y la eficiencia de la producción de biocombustibles, y la dinámica de sistemas es una herramienta poderosa para modelar y simular estas cadenas de suministro, ya que se pueden visualizar perfectamente todas las variables clave del sistema y las relaciones entre ellas, así como los cambios que pueden sufrir a través del tiempo. El análisis de la cadena de suministro de biocombustibles es de gran relevancia en el proceso de toma de decisiones, particularmente en actividades logísticas.