

**Tesis en opción al Título Académico de  
Máster en Producciones más limpias**

**Análisis de sostenibilidad de la producción de semillas  
de tabaco (*Nicotiana tabacum* L) mediante ACV y huella  
ecológica**

**Autor: Yesther Sánchez Valle, *Lic.***

**Tutora: Janet Jiménez Hernández, *Prof. Tit., Dr. C.***

**2022**

**UEB Estación Experimental de Tabaco Cabaiguán**

**Dedicatoria:**

- **A mi Señor Jesucristo.**
- **A mi esposa que me inspiró a hacerlo.**
- **A mi madre, mi ejemplo de superación.**
- **A la niña de mis ojos, mi pequeña Natalia.**

### **Agradecimientos:**

- **A mi Señor Jesucristo.**
- **A mi tutora Janet Jiménez, por apoyarme desde el primer día que toqué a su puerta.**
- **A Isidoro por las horas de dedicación.**
- **A la UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán.**
- **A los profesores del CEEPI de la UNISS**
- **A la obra de la Revolución.**

## Resumen

La prevalencia del tabaco cubano se sustenta en la elevada disciplina tecnológica y las condiciones climáticas de nuestro país, pero si de sostenibilidad se habla, se ha trabajado poco tanto en la producción de hojas como de semillas. Por tanto, se requiere aplicar herramientas que permitan obtener criterios sólidos de evaluación de impacto ambiental e indicadores de sostenibilidad. El objetivo de este trabajo fue: **determinar la alternativa más sostenible para la obtención de semillas de *N. tabacum* mediante un Análisis de ciclo de vida (ACV) y el cálculo de huella ecológica.** Los estudios se realizaron en la UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán, teniendo en cuenta las tres variantes de semillero recomendadas (bandejas, tecnificado y tradicional). Se utilizó la variedad "*Sancti Spíritus 2006*" y 10 kg de semillas como unidad funcional. Se realizó un inventario a partir de un análisis documental según el instructivo técnico del cultivo. Se realizó un ACV por la metodología ReCiPe además del cálculo de huella ecológica. El inventario permitió identificar a las variantes de semillero como variable determinante en la fitotecnia y existencia de diferencias claves en el uso de insumos y agrotecnia. A través del ACV por la metodología ReCiPe se descartó el posible uso del semillero tecnificado por su alta influencia en la mayoría de las categorías de impacto y se determinó que la variante más sostenible fue el semillero en bandejas. El cálculo de huella ecológica por los dos softwares utilizados determinó que la variante más sostenible fue el semillero en bandejas por su significativa baja influencia tanto en la ocupación de suelo como en la utilización de insumos. Por tanto, el semillero en bandejas es la alternativa más sostenible para la producción de semillas de tabaco.

## **Abstract**

The prevalence of Cuban tobacco is based on the high technological discipline and the climatic conditions of our country, but if we talk about sustainability, little work has been done both in the production of leaves and seeds. Therefore, it is required to apply tools that allow obtaining solid criteria of environmental impact evaluation and sustainability indicators. The objective of this work was to determine the most sustainable alternative for obtaining *N. tabacum* seeds by means of a Life Cycle Assessment (LCA) and the calculation of the ecological footprint. The studies were carried out at the UEB Cabaiguán Tobacco Experimental Station, taking into account the three recommended seedbed variants (trays, technified and traditional). The variety "Sancti Spíritus 2006" and 10 kg of seeds were used as functional unit. An inventory was made based on a documentary analysis according to the technical instructions of the crop. An LCA was carried out using the ReCiPe methodology in addition to the calculation of the ecological footprint. The inventory made it possible to identify the seedbed variants as a determining variable in phytotechnology and the existence of key differences in the use of inputs and agrotechnology. Through the LCA by ReCiPe methodology, the possible use of the technified seedbed was discarded due to its high influence in most of the impact categories and it was determined that the most sustainable variant was the seedbed in trays. The calculation of the ecological footprint by the two softwares used determined that the most sustainable variant was the tray nursery because of its significant low influence on both soil occupation and input use. Therefore, the tray seedbed is the most sustainable alternative for tobacco seed production.

## Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: Fundamento teórico .....	6
Características del género <i>Nicotiana</i> .....	6
Las semillas de <i>Nicotiana</i> sp.....	7
Producción de semillas de <i>Nicotiana</i> sp. en Cuba.....	8
Requisitos de los semilleros para la producción de semillas .....	8
Conservación de semillas .....	9
Tipos de semillero .....	9
Selección del área para la producción de semillas.....	14
Preparación del suelo.....	15
Siembra .....	15
Dosis de semilla.....	16
Trasplante, replante y retrasplante de posturas.....	16
Labores de cultivo .....	17
Sostenibilidad sobre la producción de semillas de tabaco .....	22
Análisis de sostenibilidad de producción de semillas de tabaco .....	22
Análisis de ciclo de vida.....	24
Huella ecológica .....	26
Conclusiones parciales .....	29

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	30
Lugar de la experimentación. Inventario del proceso de obtención de semillas .....	30
Suposiciones, limitaciones y calidad de los datos.....	33
Análisis de ciclo de vida.....	33
Vinculación de la base de datos .....	36
Realización de diagrama.....	36
Calculo de huella ecológica .....	36
Conclusiones parciales: .....	40
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
Definición de límites del sistema y unidad funcional.....	41
Análisis por categorías de impactos según la metodología <i>ReCiPe Midpoint</i> .....	43
Análisis por categorías de impactos según la metodología <i>ReCiPe Endpoint</i> .....	49
Cálculo de huella ecológica .....	51
Conclusiones parciales .....	56
Conclusiones .....	58
Recomendaciones .....	59
Bibliografía .....	60

## **INTRODUCCIÓN**

El sector agropecuario cubano ha concebido en sus propósitos la transición hacia una agricultura sostenible (Vásquez, Marzin, y Rodríguez González, 2017). Sin embargo, aún persisten discrepancias tanto académicas como campesinas en relación al camino a seguir para implantar la agricultura orgánica o agroecológica (Montes, 2004).

Transitar hacia una agricultura con enfoque de sostenibilidad, requiere de una gestión inclusiva, que se nutra de investigaciones, experiencias y validaciones contextuales, para disponer de programas y proyectos robustos, que cuando sean generalizados garanticen su eficiencia y perdurabilidad (Vásquez et al., 2017). En este sentido la obtención de semillas es un proceso que se ha ido perfeccionando a partir de experiencias prácticas e investigaciones, y de hecho existen Instructivos Técnicos y Regulaciones del Ministerio de la Agricultura de Cuba, que rigen el proceso para todos los cultivos. Sin embargo, aún persisten discrepancias en ciertas cuestiones del proceso y no se conocen a profundidad los efectos ambientales y económicos de las diferentes variantes a seguir.

El cultivo del tabaco requiere de semillas con alto grado de pureza y valor biológico para garantizar poblaciones uniformes, lozanas, de buen desarrollo y obtener altos rendimientos y buena calidad. Es necesario garantizar una adecuada atención cultural a las variedades para que expresen sus características distintivas, lo que facilita la eliminación de las plantas atípicas para conservar la pureza genética. Las semillas de tabaco se clasifican en tres categorías: original, básica y certificada. Cada una de estas categorías responde a un propósito: la semilla original se obtiene como producto del proceso de mejoramiento genético o del mantenimiento varietal; la semilla básica es la multiplicación de la semilla original, y su selección atendiendo a la conservación de las características distintivas de la variedad; y la semilla certificada es la que se obtiene producto de la multiplicación de la semilla básica en las áreas destinadas por las empresas de acopio y beneficio al tabaco (MINAG, 2012).



La UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán tiene en su objeto social la producción y comercialización de semilla básica de *N. tabacum*, utilizando las tres variantes de semillero; tradicional, tecnificado y en bandejas, todas descritas en el Instructivo Técnico para el cultivo del tabaco en Cuba (MINAG, 2012). Sin embargo, de igual manera existe la dicotomía de cuál semillero resulta más eficiente en cuanto a las dimensiones económicas y ambientales, y además no se ha informado el efecto ambiental que permita evaluar la sostenibilidad del proceso. Por tanto, a tono con planteamiento de Martínez (2008): los problemas ambientales relacionados al desarrollo económico y social requieren ser tenidos en cuenta, pues el sistema de producción actual nos lleva a una situación crítica de la cual no es fácil salir. La situación ambiental del planeta es cada vez peor y cada vez más irreversible, lo que implica que cada proceso y producto sea analizado cuidadosamente desde el punto de vista ambiental (López Bastida y Pino Alonso, 2016).

Para evaluar la sostenibilidad de procesos y productos se debe partir del propio concepto del término sostenible: capacidad de un sistema para continuar y mantener el nivel de la producción o la calidad de vida para las futuras generaciones (Badii, 2008). Así, varias herramientas y metodologías han definido indicadores que permiten cuantificar la sostenibilidad de proceso y productos, y facilita la interpretación de los efectos sobre los recursos naturales. El ACV y el cálculo de la huella ecológica son herramienta de economía ecológica que se han utilizado exitosamente para determinar los impactos ambientales de procesos y productos sobre los recursos naturales, cuyos indicadores muestran un acercamiento al análisis de sostenibilidad de los procesos.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de semilla, considerando todas sus etapas, desde las materias primas hasta su disposición final (Güereca, 2006), permitirán a las empresas y a los productores en general saber qué aspectos de su producción son eficientes y dónde pueden mejorar la eficiencia para reducir los impactos ambientales, económicos y sociales (Ramirez-Cando y Spugnoli, 2016).

La ventaja de la huella ecológica para entender la apropiación humana está en aprovechar la habilidad para hacer comparaciones. Es posible comparar desde las

emisiones de transporte de un bien en particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala (hectáreas). El cálculo de la huella ecológica es complejo y, en algunos casos, imposible, lo que constituye su principal limitación como indicador. En cualquier caso, existen diversos métodos de estimación a partir del análisis de los recursos que una persona consume y de los residuos que produce (Tapia, 2018). El cálculo de la huella ecológica asociada a los factores productivos utilizados en la actividad agraria sirve, pues, para compensar el juicio “positivo” que produce la reducción de la huella ecológica de los cultivos cuando aumentan los rendimientos locales (Ó. Carpintero, 2006).

El uso de ambas herramientas se justifica dado a que las bases de datos que se utilizan para el ACV, contienen factores de conversión adaptado a las condiciones del país donde fue realizado. En el caso del software *Open LCA*, puede ser válido para países europeos, pero puede estar limitado el análisis en las condiciones de Cuba. Es por ello, que para complementar este análisis se puede utilizar el software para el cálculo de la huella ecológica desarrollado por la Universidad de Cienfuegos, diseñado según la metodología de (Álvarez-Díaz, Doménech-Quesada, y Perales Vargas-Machuca, 2008) y cuya subhuella energética está adaptada a las condiciones de Cuba, considerando un 95% de la energía proveniente de fuente no renovable, y restringido a la baja eficiencia de nuestra conversión a electricidad entre otras cuestiones (López Yanez y López Bastida, 2010).

Considerando la producción de semillas de *N. tabacum* de alta calidad como proceso fundamental en la UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán, unido a la posibilidad de aplicar herramientas de economía ecológica que permita evaluar la sostenibilidad de procesos y productos, resulta necesario determinar la variante de semillero que menos impacto ambiental provoque durante el proceso, aprovechando las ventajas que ofrece un ACV (Güereca, 2006), y el cálculo de huella ecológica, considerando todas las etapas del proceso, desde las materias primas hasta su disposición final.

De esta manera se plantea el siguiente **problema científico**: La UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán no cuenta con una evaluación ambiental de

las variantes de semilleros implementadas para la producción de semillas por lo cual no se conoce la sostenibilidad del proceso.

Para intentar dilucidar el problema científico se formula el siguiente

### **Objetivo General:**

- Determinar la alternativa más sostenible para la obtención de semillas de *N. tabacum* mediante un ACV y el cálculo de huella ecológica.

Se proponen entonces los siguientes **Objetivos Específicos:**

1. Inventariar todas las entradas y salidas del proceso de producción de semillas teniendo en cuenta diferentes alternativas mediante un análisis documental.
2. Determinar la variante de semilleros más sostenible para la producción de semillas de *N. tabacum* por medio de un ACV.
3. Determinar la variante de semilleros más sostenible para la producción de semillas de *N. tabacum* por medio del cálculo de huella ecológica.

### **Hipótesis:**

Mediante un ACV y cálculo de la huella ecológica será posible determinar la alternativa más sostenible para la obtención de semillas de *N. tabacum* en la UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán.

### **Aportes:**

Si bien se conoce de estudios comparativos entre semilleros tanto para la producción de hojas como de semillas de *N. tabacum* con la realización de esta tesis se pudo comparar atendiendo a criterios de sostenibilidad tales como ACV y huella ecológica. El trabajo permitió considerar la utilización de la variante de semillero en

## *Introducción*

bandejas como la opción no solo más económica como es de conocimiento tanto de directivos como de productores, sino como la más sostenible siguiendo la disciplina tecnológica. Por primera vez en la producción de semillas de *N. tabacum* en Cuba se utilizó el software OpenLCA y se realizó un ACV y huella ecológica para complementar el estudio ambiental.

## **CAPÍTULO I: Fundamento teórico**

### **Características del género *Nicotiana***

El género *Nicotiana*, nombrado en honor del diplomático francés Jean Nicot, quien llevó plantas a Francia desde Portugal en 1559, cuenta con 76 especies descritas hasta la actualidad y es el quinto más grande en la familia *Solanaceae* (Knapp, Chase, y Clarkson, 2004). Con base en las consideraciones de la deriva continental y la distribución natural de las especies, (Uchiyama, Chen, y Wildman, 1977) propusieron que el género se originó aproximadamente de 75 a 100 millones de años atrás en el este andino. De este lugar se dispersó rápidamente a toda América del Sur, incluso en la costa oeste de los Andes, Centro América, las islas del Caribe, América del Norte, Australia y África. Aproximadamente 75% de las especies habitan en las Américas y 25% en Australia, excepto la *Nicotiana africana* Merxmüller y Buttler, que es la única que habita en África (Chase et al., 2003).

*N. tabacum* (Tabla 1) es un clásico anfidiplóide que probablemente surgió en las laderas orientales de los Andes en Bolivia o en el norte de Argentina por la unión de

**Tabla 1:** Clasificación taxonómica de *Nicotiana tabacum* L.

---

**Nombre Científico:** *Nicotiana tabacum* Linnaeus

**Nombre Común :** Tabaco

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Viridiplantae

**División:** Tracheophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Nicotiana*

**Especie:** *Nicotiana tabacum*

---

dos gametos no reducidos, o por hibridación fortuita entre dos especies progenitoras  $2n = 24$  seguida de duplicación cromosómica (Goodspeed, 1954). Aunque existen referencias a un origen muy reciente para *N. tabacum* (hace 6 000-10 000 años), (Okamuro y Goldberg, 1985) utilizaron la cinética de reasociación del ácido desoxirribonucleico (ADN) para estimar que la especiación ocurrió mucho antes, pero en los últimos seis millones de años. La evidencia molecular y bioquímica sugiere que *Nicotiana sylvestris* Spegazzini et Comes fue el progenitor materno (Bland, Matzinger, y Levings, 1985), mientras que el progenitor paterno fue miembro de la sección *Tomentosae*, probablemente *Nicotiana tomentosiformis* Goodspeed (Kenton, Parokony, Gleba, y Bennett, 1993).

### Las semillas de *Nicotiana* sp.

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores. Esta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica (Rao et al., 2007). Es una unidad reproductiva compleja, característica de las plantas vasculares, que se forma a partir del óvulo vegetal, generalmente después de la fertilización (Bewley, Bradford, Hilhorst, y Nonogaki, 2013). La especie *N. tabacum* presenta semillas dicotiledóneas endospermicas, que constan de un embrión rodeado de tres a cinco capas de células, ricas en lípidos y proteínas, que constituyen el endospermo (Figura 1).



**Figura 1:** Semilla de *N. tabacum* Tomado de “The Seed Biology Place” (<http://www.seedbiology.de>, 25/10/2014).

La periferia del endospermo está presionada contra la cubierta o testa que es una fina capa de células muertas lignificadas y cutinizadas (Avery, 1933). El endospermo micropilar rodea el extremo de la radícula y es el lugar de su profusión durante la germinación. La estructura de las semillas de especies de *Nicotiana* sp. es similar (Leubner-Metzger, 2003).

### **Producción de semillas de *Nicotiana* sp. en Cuba**

El cultivo del tabaco requiere de semillas con alto grado de pureza y valor biológico para garantizar poblaciones uniformes, lozanas, de buen desarrollo y obtener altos rendimientos y buena calidad. Es necesario garantizar una adecuada atención cultural a las variedades para que expresen sus características distintivas, lo que facilita la eliminación de las plantas atípicas para conservar la pureza genética.

Las semillas de tabaco se clasifican en tres categorías: original, básica y certificada. Cada una responde a un propósito: la semilla original se obtiene como producto del proceso de mejoramiento genético o del mantenimiento varietal; la semilla básica es la multiplicación de la semilla original, y su selección atendiendo a la conservación de las características distintivas de la variedad; y la semilla certificada es la que se obtiene de la multiplicación de la semilla básica en las áreas destinadas por las empresas de acopio y beneficio al tabaco. En esta investigación se determinará cual semillero es el más ecológico a utilizar en la producción de semillas teniendo en cuenta que la etapa vegetativa es común independientemente del semillero utilizado.

### **Requisitos de los semilleros para la producción de semillas**

Para la realización de los semilleros se deben tener en cuenta el área y las fuentes de agua. Es necesario realizar tres etapas o riegos de semilla, previendo cualquier anomalía, además seleccionar dos o tres semilleros para repetir esta fase. Los semilleros para la producción de semillas deben estar separados de los destinados a la producción de tabaco. Las posturas deben ser sanas, uniformes y en estado óptimo de desarrollo.

### **Conservación de semillas**

En las Estaciones Experimentales ya mencionadas se cuentan con Bancos de Germoplasma, los cuales surgen como respuesta a la necesidad de conservar el patrimonio genético vegetal y, por tanto, la variabilidad genética de cada especie. Constituyen el fundamento esencial de los programas de mejoramiento en plantas, al proporcionar un conjunto de genotipos para los programas de selección y cruzamiento (Frankham, Ballou, y Briscoe, 2003). También se utiliza en la actualidad para la producción de semillas básicas que son comercializadas a las Empresas productoras de tabaco.

En los bancos de germoplasma de semillas estas se preservan en condiciones ambientales controladas para que mantengan la viabilidad durante períodos prolongados (Rao et al., 2007). La colección de *Nicotiana* sp., presente en el banco de germoplasma del Instituto de Investigaciones del Tabaco de Cuba, progresa constantemente por más de 40 años con nuevas accesiones. Desde su creación, la premisa fundamental ha sido la protección de las formas genéticamente primitivas cubanas, las provenientes del mejoramiento genético y los cultivares y especies silvestres introducidos desde otras regiones del mundo. Todos los años se conservan las semillas en un ambiente controlado en espera de su utilización en la etapa de semillero.

### **Tipos de semillero**

Se reconocen en Cuba tres tipos de semillero para el cultivo del tabaco: Semillero tradicional (Figura 2), tecnificado (Figura 3) y en bandejas aéreas (Figura 4).



## **Semilleros Tradicionales**



**Figura 2:** Semillero tradicional

### Selección del Área

Se debe prestar mucha atención al emplazamiento de un semillero, teniendo en cuenta:

- El suelo: Buena textura, profundidad, fertilidad y retención de la humedad, además de buen drenaje superficial e interno, con un pH entre 5.0 - 5.8 y estar libres de *Phytophthora*, virus y nemátodos o presentar muy bajos niveles de estos patógenos. Donde sea posible tener una pendiente menor del 5%.
- Garantía de suministro de agua para el riego de forma que se pueda regar con tanta frecuencia como sea necesario.
- Se debe seleccionar como mínimo tres áreas para poder establecer una rotación adecuada.
- Se deben aplicar todas las medidas de mejoramiento y conservación del suelo que necesite el área.

### **Trazado del semillero**

- El semillero se dividirá en secciones con una separación de 1,5 m y cada una podrá cubrir siembras de hasta tres días consecutivos.

- Las cabeceras de los canteros tendrán 1 o 2 m cuando se desinfeste con bromuro de metilo, en caso contrario serán de 1 m.
- La orientación de los canteros estará determinada por la topografía del lugar, garantizando un buen drenaje.
- La longitud de los canteros se adecuará al tipo de sistema de riego a utilizar, aspersión 15,5 – 18,0 m y aniego 20 m. El ancho será de 1,0 m y su altura de 0,25-0,30 cm, separados entre sí por una distancia de 0,30 cm.
- Los canteros se confeccionarán de forma mecánica con el implemento correspondiente (acanterador) o de forma manual (azadón). La superficie de los canteros debe quedar nivelada en toda su longitud para evitar que ocurran encharcamientos de agua. Esta labor se debe realizar con un rastrillo tantas veces como sea necesario.
- Se realizarán canales de drenaje de distintos órdenes que garanticen el movimiento del agua a través del semillero y la lleven a zonas alejadas o pozos de infiltración.

### Semillero tecnificado



**Figura 3:** Semillero tecnificado

### Construcción de los canteros

Los canteros se pueden conformar con diferentes tipos de material, como: bloques de hormigón, piedras, tablas, ladrillos, costaneras, madera rolliza, guarderas de fibrocemento, etc. Sus dimensiones pueden variar; pero la más apropiada es:

## *Capítulo I:*

longitud 20 m, anchura 1 m, altura 0,20 m. La separación entre canteros será de 0,30 m a 0,40 m; mientras que la distancia entre hileras de canteros debe ser de 0,50 m, para facilitar el acarreo de las plántulas, el manejo del regadío, así como el resto de las labores fitotécnicas.

Cuando el material de construcción a emplear es la guardera de fibrocemento, esta se entierra a una profundidad aproximada de 15 cm. Además, se realizarán orificios a nivel del suelo donde se establece el cantero, de 0,5 m a 1 m de separación, y una vez conformado el cantero, se coloca primero una lámina de 5 cm de arena de río o piedra. Todo lo anterior garantiza el drenaje interno, imprescindible en este tipo de semillero. Posteriormente se agregan de 5 cm a 7 cm de relleno vegetal y con posterioridad, 5 cm del material orgánico (turba, cachaza, sustrato para semillero mezclado con aserrín descompuesto, etc.) hasta completar una lámina uniforme de 10 cm. Cuando el cantero se conforma con bloques de hormigón, la primera hilera se coloca acostada, lo cual permite la evacuación o drenaje del agua en exceso. Las áreas para los canteros tecnificados deben tener buen drenaje interno y externo preferiblemente, que tengan pendiente de un 2% a 4%, construyéndosele zanjas de drenaje a su alrededor.

En los canteros viejos se extrae parte del sustrato (2,5 cm a 3 cm) y se agrega aserrín descompuesto en igual cantidad, mezclándolo con una guataca.

El semillero debe trazarse como se realiza un acanteramiento y dividirse en secciones con una separación de 1,5 m y las cabeceras de 1,0 m. Se debe orientar acorde con la topografía del terreno garantizando un buen drenaje superficial. La longitud de los canteros se adecuará al sistema de riego, la altura dependerá de la época de siembra y de las características del terreno.

El acanteramiento se puede realizar de forma mecánica o manual, quedando la superficie de los canteros niveladas en toda su longitud, para evitar que ocurran encharcamientos, se debe dar una ligera inclinación desde el centro hacia los lados, en aras de garantizar un mejor drenaje superficial y evitar que las semillas se agrupen hacia el centro de los canteros. En esta etapa del proceso se debe confeccionar canales de drenaje que garanticen el escurrimiento del agua y sembrar

en el contorno plantas de maíz, crotolaria, millo y otras especies que protejan al semillero del ataque de plagas, es necesario en esta etapa la consulta a Sanidad Vegetal para la utilización del producto químico indicado para evitar la aparición de plantas indeseables y el desarrollo de enfermedades.

### **Siembra**

Los procedimientos para la siembra en los semilleros tecnificados son similares a los empleados en los tradicionales.

### **Semillero en bandejas**



**Figura 4:** Semillero en bandejas aéreas

Desde hace algunos años se comenzó a introducir en la práctica productiva un nuevo sistema de producción de plántulas en bandejas flotantes. El mismo consiste en llenar las bandejas de poliestireno expandido con un sustrato esterilizado, donde se siembran las semillas peletizadas o desnudas. Posteriormente se colocan las bandejas en una balsa de agua previamente fertilizada. Se debe calcular una producción de 200 plantas por bandejas.

### **Llenado de las Bandejas**

Esta actividad se realiza después de esterilizar el sustrato con bromuro de metilo a las dosis recomendadas por sanidad vegetal. Posteriormente se tamiza el

substrato con un tamiz de aproximadamente 5,0 mm. Las bandejas se llenan con el substrato de forma manual o mecanizada y posteriormente se presionan con un marca-huella, haciendo un hueco u orificio en el cual debe quedar depositada la semilla. Es necesario mantener un chequeo constante con respecto al exceso o falta de substrato, lo que proporciona dificultades en el desarrollo de las raíces o cavidades que se queden sin humedad. Para la siembra se debe utilizar una o dos semillas peletizadas o desnudas por cavidad, con una maquina o de forma manual y rociar con agua las bandejas para fijar las semillas al substrato.

### **Selección del área para la producción de semillas**

En la producción de semillas de *Nicotiana tabacum* L cv. Sancti Spíritus 2006 el área a cultivar debe contar con varias características distintivas (MINAG, 2012). El suelo debe ser fértil, con 3% de materia orgánica aproximadamente, con buen drenaje superficial e interno. Debe contar con fuente de agua para el riego y el doble del área para la rotación de cultivos, debidamente cercada para el control de acceso, con una sola entrada y badén de desinfección o mochila. Todo el personal, equipo o animal que acceda al área debe desinfectarse con solución de  $\text{CuSO}_4$  (1- 3) % o formaldehído al (2 a 4) %. Dentro de las áreas productoras de semillas se prohíbe fumar, ni usar tabaco en ninguna de las formas.

Las áreas deben estar como mínimo a 300 m de otras plantaciones de la misma variedad destinadas a la producción de hojas, o de otras solanáceas o especies que sean hospederas de plagas y enfermedades que perjudiquen al tabaco. El suelo debe estar libre de *Orobanche* y, de existir algún brote debe eliminarse antes de florecer, de forma manual o con la aplicación del Flordimex 48% SC, si persiste, las áreas afectadas deben rotarse por lo menos 4 años e incluir otro cultivo limpiador y manejador del suelo. La selección de las áreas para las etapas de semillero y de cultivo es de gran connotación en la producción de semillas de *Nicotiana tabacum* L cv. Sancti Spíritus 2006.

### **Preparación del suelo**

#### **Para el semillero**

Cuando se tiene seleccionada el área del semillero se procede a la preparación del suelo, que comienza con la eliminación de la vegetación, continúa con la roturación, el cruce, el retrocruce, uno o dos pases de grada, uno o dos pases de tiller y el acanteramiento, el cual puede realizarse de forma manual o mecanizada. Estas labores deben realizarse a partir de la segunda quincena de abril; su realización a tiempo y con calidad influirá en el suelo que se necesita para la germinación de las semillas y la obtención de plántulas vigorosas.

#### **Para el área de cultivo**

El tiempo de preparación estará en dependencia de las condiciones específicas de cada lugar, pero como media debe oscilar entre 45 y 60 días. En las áreas con exceso de malezas se procede a la chapea de las plantas indeseables o vegetación espontánea. Las labores de preparación que se utilizan requieren de especificaciones en cuanto al arado a utilizar, para la roturación y el cruce se hace uso del arado de vertedera o el multiarado, en dependencia de las condiciones del terreno, es decir profundidad y grado de enyerbamiento, entre otras, y para las labores de alistamiento se empleará el multiarado y el tiller ligero, dejándose el arado de discos y la grada como última opción. El proceso de preparación de los suelos depende del grado enyerbamiento de los suelos, el Instructivo Técnico (MINAG, 2012) para el cultivo del tabaco especifica los pasos a seguir.

#### **Siembra**

La siembra se puede realizar de forma manual o mecanizada, por la cantidad de semilla que se utiliza para los semilleros en las Estaciones Experimentales no se hace necesario la utilización de la mecanización.

Antes de la siembra se aconseja embeber la semilla durante 8 horas para contribuir en la germinación y luego secarlas hasta el día siguiente. Una vez listas, por su tamaño se deben mezclar con otro material para su distribución uniforme, dígame

agua, arena, ceniza o con el propio fertilizante (NPK 5-12-6-3). La siembra puede realizarse de dos maneras diferentes: manual con semilla mezclada (arena, ceniza o fertilizante) o manual con regadera. Independientemente de la variante utilizada el riego inmediato después de concluida la siembra es indispensable. La variante donde se utiliza la regadera, aunque se utiliza tiende a ser más trabajosa y depende de la velocidad del regador, la agitación y la altura de la regadera, en este caso el tiempo que debe estar la semilla en agua es de 14 a 16 horas. El calendario de siembra (riega de semillas) se establece desde la última decena del mes de agosto hasta el 20 de noviembre (MINAG, 2012).

### **Dosis de semilla**

El tipo de semillero, el tipo de suelo y la calidad de la semilla determinan la dosis a utilizar, en el caso del semillero tradicional tiene sus especificaciones descritas en el Instructivo Técnico al igual que las demás variantes. En el tecnificado el área es más controlada y con un suelo preparado técnica y nutricionalmente y la variante hacia donde se dirigen las expectativas el semillero en bandejas, donde se logran plántulas con mayor calidad y con mayor resistencia al estrés.

### **Trasplante, replante y retrasplante de posturas**

#### **Trasplante**

Es obligatorio utilizar posturas procedentes de semilleros sembrados con semilla básica (MINAG, 2012). Las posturas deben tener un tamaño de entre 13 y 15 cm para la plantación manualmente, para la mecanizada entre 19 y 21 cm, con un diámetro del tallo de (3- 5) mm y de (5- 7) mm respectivamente. Las posturas deben estar libres de fitopatógenos y poseer un sistema radical profuso.

Para el trasplante, una vez que el suelo esté bien preparado se utiliza el sistema de plantación a doble hilera el cual tiene las siguientes especificidades: la distancia entre plantas será de 30 cm, con un camellón estrecho de 45 cm y otro ancho de 90 cm. En áreas de secano se puede utilizar el marco de plantación de 30 cm entre plantas, alternando un camellón de 40 cm con otro de 80 cm.

### **Replante**

Una vez trasplantadas las posturas, a los 6 o 7 días al momento del primer vivo de agua se debe hacer un replante con posturas directas del semillero, razón por la cual se debe dejar en el semillero una reserva de posturas para esta etapa y la de retrasplante.

### **Retrasplante**

Con el fin de garantizar un segundo replante correcto, es necesario plantar algunos surcos de reservas, para que en los espacios vacíos e inmediatamente después de un pase de agua colocar el retrasplante del suco de reserva más próximo, auxiliándose de una cavadora o pala preparada para estos fines. Esta labor se realiza entre los 8 y 10 días del trasplante, garantizando el sellaje y mayor uniformidad en la plantación que cuando se utiliza el replante directo con posturas del semillero. Es válido aclarar que si se utilizan posturas de semilleros en bandejas no es necesario los surcos de reservas.

### **Labores de cultivo**

Este proceso es de vital importancia en el futuro de la plantación, varios son los subprocesos que deben realizarse en el tiempo que exigen las buenas prácticas de este cultivo.

### **Tape de palito**

Este subproceso consiste en echar la tierra de los bordes (orejas) del surco alrededor de los tallitos, se debe realizar entre los 12 y 15 días después del trasplante, su fin es calzar el tallo de las plantas con suelo mullido, eliminar las plantas indeseables, mantener la humedad, airear el suelo para facilitar el desarrollo de las raíces y contribuir a una mejor asimilación de los nutrientes. En caso de utilizar posturas de semilleros en bandeja esta labor se realizará a de 4 a 6 días después del trasplante. Esta actividad se realizará con guataca.



### **Primer aporque**

Esta etapa consiste en remover la tierra entre surcos y colocarla al pie de la planta. Se realiza entre los 18 y 20 días posteriores al trasplante, con un cultivador de rejas finas, de tracción animal o mecanizada. Se puede hacer también con guataca y ayudar con la mano. Con esta labor se cubre el surco con suelo para eliminar los brotes de plantas indeseables que hayan surgido hasta el momento, y facilitar el arrime de tierra al tallo. En el subepígrafe anterior se especificó que de utilizarse las posturas de semilleros en bandejas se adelantaba esta labor, en este caso de debe adelantar de 3 a 5 días. Esta etapa contribuye a dar aireación al suelo y al mismo tiempo se promueve el desarrollo de raíces adventicias hacia el cuello de la planta, ayuda a la absorción de los nutrientes y la planta adquiere mayor robustez.

### **Segundo aporque**

Esta faena se realizará entre los 25 y 30 días después de la plantación. En caso de que se produzcan lluvias después del primer aporque se debe dar un pase ligero de cultivadora. Esta labor se puede realizar con tracción animal o mecanizada y se debe tener en cuenta que, en este momento, el sistema radical comienza a tener cierto desarrollo, por lo que el implemento que se utilice no puede provocar poda de las raíces.

### **Quitar “patica”**

Esta etapa consiste en eliminar en las axilas de las hojas inferiores los pequeños hijos que surjan (brotes de yemas, paticas). Estos no deben pasar de 5 cm de longitud y esta labor se realizará entre los 25 y 30 días de plantado.

### **Deshije**

Cuando el fin del cultivo es la recolección de la hoja se debe primero desbotonar, pero el fin de esta planta de tabaco es coleccionarle la semilla, por tanto, el proceso de deshije consiste en eliminar las yemas auxiliares que brotan, los hijos, estos se aprovechan de los nutrientes de las hojas formadas y de la planta. Esta operación

se realizará cuantas veces sea necesaria, por los hijos no deben alcanzar una longitud superior a 10 cm.

### **Riego**

Los riegos estarán en dependencia del tipo de suelo y de la variedad. Durante el proceso de semillero es necesario el riego de las plántulas en crecimiento, en el trasplante es de vital importancia y cada vez que se aplique fertilizante, es importante que como el tabaco se cultiva en la época seca del año no se descuide el proceso de riego, vital para obtener semillas de calidad.

### **Fertilización**

La fertilización se realizará en la etapa de semillero utilizando la fórmula NPK (5-12-6-2,6) y posteriormente el 40% del fertilizante se aplicará en el trasplante y el 60% en el primer aporque. Es necesario conocer la disponibilidad de boro en el suelo, pues cuando existe carencia de este microelemento las plantas tienden a mostrar necrosis en las yemas apicales, y las flores se caen prematuramente, lo que impide la producción de semillas.

### **Selección negativa**

A partir de los 15 días del trasplante se procederá a la extracción de las plantas virosas, con cuidado de no rozar las sanas. Inmediatamente después de terminada esta actividad, los participantes deberán lavarse las manos con detergente, formol al 2% o con una solución de cal al 2%. Esta labor se realizará con un intervalo de diez días hasta el final de la cosecha. Además de las plantas virosas, deben eliminarse las que presenten enfermedades fungosas (pata prieta, Fusarium, Rizoctonia, etc) u otra enfermedad y sacarse de la vega, y ser enterradas. De igual manera debe ocurrir con las plantas que presenten características diferentes a la variedad, tanto las que sobresalen por encima o por debajo, es decir las raquíticas. Es importante el control de plagas, algunas como el *H. virescens* puede provocar serias afectaciones a la yema terminal.

### **Regulación de la inflorescencia**

Se dejarán en la planta cinco ejes con flores, (la inflorescencia central y dos ejes sin hojas inmediatos a esta), los ejes con hojas son hijos. Esta labor se realizará en cada planta cuando el 25% de las flores estén abiertas. En esta etapa se realizará el tratamiento fitosanitario orientado por Sanidad Vegetal.

### **Cosecha de la hoja**

Es obligatoria la recolección de las dos hojas de mañanitas, entre los 35 y 38 días, como medida de saneamiento. También se cosecharán dos hojas de libre pie y tres de uno y medio cuando se encuentren en su madurez técnica. El resto de las hojas se recolectarán una semana antes o después de la cosecha de la semilla.

### **Cosecha de la semilla**

Se realizará cuando las plantas tengan 75% de las cápsulas o bellotas maduras (carmelitas). Para ello se eliminarán de cada planta los hijos y las hojas que haya en un tramo de 20 cm por debajo de la inflorescencia y estas se sacudirán para eliminar las flores secas.

La cosecha se efectuará por la mañana en mazos de 7 a 10 plantas según el tipo de tabaco, con ellos se harán mancuernas y se colocarán en cujes en un total de 10. La semilla cosechada no se pondrá directamente sobre el suelo. Como el proceso de maduración de la semilla es tan heterogénea, la cosecha deberá efectuarse al menos en dos momentos.

### **Eliminación de los restos de cosecha**

Se hace necesaria la eliminación de los residuos de cosecha inmediatamente al terminar la cosecha de la semilla, para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades y el deterioro de los suelos.

### **Secado natural**

Las casas de tabaco para el secado poseerán techo de zinc o fibrocemento, paredes de madera y piso de cemento, y se desinfestarán con el producto que designe Sanidad Vegetal antes de introducir la semilla. No se podrá secar semillas en casa que tengan hojas y otros productos. En cada casa se podrá secar una sola variedad. Las cujes con semillas quedarán separadas de la pared y del techo a un metro. La humedad relativa en el interior de la casa no debe ser superior al 70%, por lo que las casa se abrirán o cerrarán con el fin de mantener este valor.

### **Trillado y limpieza**

Esta labor se realizará entre los 50 y 60 días en dependencia de las condiciones del tiempo en el secado natural, cuando la semilla se desprenda de la placenta, es decir, cuando las semillas suenen dentro de la cápsula. Tanto en el trillado como en la limpieza debe utilizarse una máquina para cada variedad, en el local donde se trabaje con una variedad, no se podrá hacer lo mismo con otra. La humedad de la semilla para la trilla no debe ser superior al 8% en masa. La humedad relativa no debe ser superior a 80%. De este proceso dependerá el grado de germinación, factor determinante en la calidad de la semilla.

### **Comercialización o conservación de la semilla**

La semilla se envasará en sacos de tela con el nombre de la variedad, año y lugar de cosecha, lote de almacenamiento, peso y categoría. Las bolsas estarán colgadas y no en estibas como se realiza en un almacén de otro producto. La humedad en el momento de envase debe ser como máximo de 8%. Los sacos se deben hermetizar con bolsas de polietileno, y deberán conservarse en una cámara refrigerada en un tiempo no mayor a 10 días. Estas semillas serán desinfestadas con TMTD con el equipo adecuado y conservarse a una temperatura entre 4 y 10°C y con una humedad relativa entre 50 y 55%. A estas semillas se le realizan dos pruebas de germinación cuando las condiciones de almacenamiento son las adecuadas, la primera antes de almacenar y la otra cuando serán utilizadas.

Las semillas básicas producidas serán comercializadas una vez efectuada la contratación a las empresas de acopio y beneficio del tabaco del país, las cuales tiene la misión de obtener la semilla certificada aplicando la misma metodología descrita, la cual ha sido tomada del Instructivo Técnico para el cultivo del tabaco en Cuba.

### **Sostenibilidad sobre la producción de semillas de tabaco**

#### **Análisis de sostenibilidad de producción de semillas de tabaco**

En los últimos 58 años varios acontecimientos han tenido una gran repercusión socioeconómica en Cuba, principalmente los siguientes: (1) el triunfo de la Revolución Cubana en 1959; (2) el bloqueo económico impuesto por el gobierno de los Estados Unidos desde principios de 1962; y (3) el derrumbe del campo socialista de Europa del Este a principios de los años noventa.

Particularmente la producción agropecuaria se ha realizado mediante enfoques tecnológicos contrastantes, que han caracterizado dos periodos en la mayoría de las tierras agrícolas del país: (1) auge de la agricultura convencional, bajo la influencia del paradigma de la Revolución Verde, desde los años 60's hasta finales de los 80's, que condujo a la subvención de energía, insumos y equipos importados; (2) transición acelerada hacia la agricultura sostenible sobre bases agroecológicas desde principios de los 90's, como una necesidad imperiosa, debido a la desaparición repentina de las importaciones de energía, insumos y equipos del antiguo campo socialista, que colapso el modelo de agricultura convencional, altamente dependiente de estos (Vásquez et al., 2017).

Aunque no se ha propiciado ningún espacio para consensuar una conceptualización nacional sobre agroecología, se ha generalizado la definición de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), que según (Altiery y Nicholls, 2010), la agroecología provee un enfoque amplio, que permite entender la acción agrícola en términos holísticos, planteando que la problemática contemporánea de la producción ha evolucionado de una dimensión meramente técnica a una de

dimensiones múltiples: sociales, económicas, políticas y ecosistémicas (Vásquez et al., 2017).

Según se interpretó en el estudio de diversos documentos analizados, la apropiación de la base teórica sobre agroecología y agricultura sostenible en el país aún es insuficiente, principalmente por varios factores que consideramos justifican esta situación: (1) la necesidad en las soluciones prácticas y rápidas, que postergan el estudio de cuestiones teóricas; (2) el bajo acceso a fuentes de información internacional; (3) la baja capacidad económica para editar y distribuir materiales impresos, así como revisar información en soporte digital; (4) la persistencia del paradigma del productivismo de la agricultura convencional en diversos actores relevantes de los ámbitos académicos, empresariales y políticos, que siguen considerando la intensificación convencional como única opción para resolver las necesidades inmediatas de alimentos (Vásquez et al., 2017).

Sin embargo, es común observar en actores vinculados directamente con la producción agropecuaria, principalmente en el sector campesino y de la agricultura urbana, relacionar la agroecología y agricultura sostenible con las llamadas “prácticas” agroecológicas, principalmente las siguientes: (1) la sustitución de insumos químicos por biológicos, principalmente plaguicidas y fertilizantes; (2) las diferentes medidas de conservación y manejo del suelo, como la rotación de cultivos, el laboreo de conservación, entre otras; (3) diversificación e integración de especies productivas, principalmente los policultivos; (4) integración de barreras vivas, plantas repelentes y otras prácticas con la vegetación no cultivada; (5) el modelo de fincas, establecido desde la agricultura tradicional campesina; (6) equidad de género; (7) calidad de los alimentos, alimentos inocuos; (8) adaptación al cambio climático; (9) desarrollo local; (10) soberanía alimentaria, entre otros criterios que denotan una alta apropiación de los principios y dimensiones de la agroecología, consensuados en la región de América Latina y el Caribe por (Altieri y Nicholls, 2010), y otros autores como (Vásquez et al., 2017).

La base para la producción nacional de semillas está en el Programa Nacional de los Recursos Genéticos, que funciona bajo la guía de la Dirección de Semillas del

Ministerio de la Agricultura (MINAG), a través de un Grupo Nacional y a este tributan 14 centros pertenecientes varios ministerios, quienes custodian las colecciones de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA), que atesoran 17 127 muestras o accesiones de 844 especies, además de desarrollar programas de obtención de nuevas variedades.

La mayoría de las políticas públicas que se relacionan con el sector agropecuario en Cuba, han concebido en sus propósitos la transición hacia sistemas con atributos de la sostenibilidad (Vásquez et al., 2017).

Los centros de investigación que intervienen en el campo agropecuario, no se ponen de acuerdo en relación con el camino a seguir y hay resistencias académicas y campesinas contra la agricultura orgánica o agroecológica (Montes, 2004).

Transitar hacia una agricultura con enfoque de sostenibilidad, requiere de una gestión inclusiva, que se nutra de investigaciones, experiencias y validaciones contextuales, para disponer de programas y proyectos robustos, que cuando sean generalizados garanticen su eficiencia y perdurabilidad (Vásquez et al., 2017).

Hay diversas maneras de lograr la visión estratégica, o sea, de diseñar la estrategia empresarial encaminada a la sostenibilidad de las producciones en las entidades, por lo que los expertos en la materia le dedican tiempo a la búsqueda de soluciones o alternativas que amortigüen o minimicen tales efectos negativos basados en técnicas y métodos científicamente argumentados (Rojas, Pita, y Zulueta, 2014).

### **Análisis de ciclo de vida**

Un ACV (Life Cycle Assessment (LCA) de su traducción del inglés), también conocido como balance ambiental, balance ecológico o evaluación del ciclo de vida (ECV) es una herramienta que permite evaluar los impactos ambientales de productos o servicios de una forma global. Considera todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final y todos los vectores involucrados (Güereca, 2006). De acuerdo a la NC ISO 14040 (ISO, 2009), es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos

potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

El ACV es un proceso en el que se reconocen las siguientes etapas:

1. Definición del objetivo y alcance
2. Análisis del inventario del ciclo de vida
3. Evaluación del impacto del ciclo de vida
4. Interpretación

El primer paso, definición de objetivo y alcance, debe expresar claramente el propósito y la extensión del estudio, además debe describir el o los sistemas estudiados y la unidad funcional. La unidad funcional se refiere a la cantidad de productos o servicios necesarios para cumplir la función que se compara, sirve de base para la comparación entre sistemas y a partir de ella se cuantifican las entradas y salidas funcionales de un sistema productivo o de servicios (Güereca, 2006).

Debido a su naturaleza global, un ACV completo puede resultar laborioso. Por esta razón se deberán establecer unos límites que deben estar perfectamente identificados. Los límites del sistema determinarán qué procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV. Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y las limitaciones económicas y el destinatario previsto.

El análisis de inventario del ciclo de vida (ICV), comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema, tomando como referencia la unidad funcional. Esas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema a lo largo del ciclo de vida, es decir, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final. Las interpretaciones pueden sacarse de



esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV. Esos datos también constituyen las entradas para la evaluación de impacto de ciclo de vida (ISO, 2009).

Existen múltiples plataformas para la realización de este tipo de estudios. Dada la envergadura, la repercusión de las informaciones y la laboriosidad de las bases de datos, existen en el mercado, por solo citar algunos SimaPro, GaBi, Air.e que, aunque son softwares muy potentes su costo resulta prohibitivo para muchos grupos de investigación.

En tal sentido, la organización Green Delta elabora y distribuye un software denominado *OpenLCA*. Este es un software de acuerdo con los estándares de la iniciativa de código abierto. Fue desarrollado para que el ACV y la Evaluación de sostenibilidad fueran más accesibles inicialmente en Europa y más tarde en otros países. Este software disponible en diversas versiones y plataformas nos permite realizar este estudio de manera gratuita utilizando las bases de datos y recursos disponibles en la web. En esta investigación se utilizó el software *OpenLCA*, con bases de datos cuyos permisos y licencias se tienen en Cuba para fines académicos.

### **Huella ecológica**

Se define como "el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida, con un nivel de vida específico, indefinidamente, independientemente de la localización de esta área" (Wackernagel, 1996).

La huella ecológica se revela como una potente herramienta para suplir las carencias que muestran los indicadores económicos tradicionales. Estos indicadores, como la economía actual en sí misma, observan únicamente el crecimiento económico, el aumento del consumo o el aumento de beneficios, para evaluar el estado de las sociedades humanas (O. Carpintero, 2005).

## *Capítulo I:*

En el contexto mundial, la huella ecológica está siendo utilizada por empresas grandes y pequeñas como una estrategia de competitividad, sea para ganar la preferencia de sus clientes, o sea como respuesta ante las exigencias de los principales interesados.

Los productos y los servicios, (en un mundo globalizado) disponibles en el mercado son cada vez más equiparable en precio y calidad. Así es que los consumidores comienzan a tomar como factor decisivo de elección la incidencia que dichos productos y servicios tienen en el ambiente y la sociedad. Ante esta perspectiva, muchas empresas han modificado sus prácticas ecológicas para proporcionar la información sobre la huella ecológica de cada uno de sus productos y servicios a sus clientes, logrando de este modo, ser reconocidas como organizaciones ambientalmente responsables. Se trata también de aumentar o conservar las ganancias comerciales con credibilidad y rentabilidad social; es decir en el marco de los negocios sustentables (Tapia, 2018).

La huella ecológica ha emergido como la principal medida mundial de la demanda de la humanidad sobre la naturaleza. Su utilización para manejar los bienes ecológicos es esencial para la supervivencia y el éxito de la humanidad. Conocer cuánta naturaleza tenemos, cuánta utilizamos, y quién la emplea es el primer paso para vivir en un planeta sustentable (Tapia, 2018).

La huella ecológica se convierte en una herramienta para medir el nivel último de la sostenibilidad en un sentido ecológico, lo cual constituye una condición para tener vidas satisfactorias. Los resultados de las huellas ecológicas pueden ayudar a quienes planean las políticas para evaluar el impacto ecológico (Tapia, 2018).

La huella ecológica corporativa (Wackernagel, 1996) calcula el número de hectáreas necesarias para que un territorio obtenga los recursos que precisa y, al mismo tiempo, elimine sus desechos (Caselles Moncho, 2008). La huella ecológica calcula el tamaño combinado de estas áreas donde quiere que estén ubicados estos recursos (Badii, 2008).

Las metodologías o las cuentas de la huella ecológica están basadas en dos principios. Primero, se puede y se debe estimar el grado del consumo de la mayoría de los recursos y la generación de los residuos, deshechos y contaminantes. Segundo, se puede cuantificar la mayoría de este consumo y residuo en término del área correspondiente al promedio de la productividad biológica (Badii, 2008).

El software para el cálculo de huella ecológica, herramienta de sensibilización ambiental, la cual va estratégicamente dirigida a optimizar y minimizar usos en los ámbitos como: el energético, el forestal o el de la conservación de la biodiversidad (Ávila Ruíz, 2016).

La huella ecológica, según la *Global Footprint Network* (GFN), organismo internacional cuyo principal objetivo es la difusión y la estandarización del cálculo de huella ecológica, es la siguiente: “medida de cuánta Superficie Biológicamente Productiva (SBP), incluyendo agua y tierra, precisa un individuo, población o actividad para obtener todos los recursos que consume y absorber los residuos que genera, empleando la tecnología y prácticas de gestión más frecuentes” (Sanchez et al., 2017).

La huella ecológica es un indicador de índice único y como instrumento de sustentabilidad nos ayuda a entender de una forma más técnica y concreta la presión que se ejerce sobre los recursos naturales en un periodo y por unas actividades determinadas (Molina Restrepo y Ocampo Rodríguez, 2016).

El cálculo de la huella ecológica se basa en el principio de que todos los consumos, materiales y energéticos, y la absorción de residuos pueden expresarse en territorio productivo, pues requieren de éste para su producción o eliminación (de la Torre Martín, 2016). El cálculo de la huella ecológica requiere considerar dos cuestiones: en primer lugar, exige que se puedan estimar los recursos consumidos y los residuos generados por una población, datos que se pueden obtener de estadísticas publicadas. En segundo lugar requiere la transformación de esos recursos y residuos en su equivalente en términos de Superficie Biológicamente Productiva (Sanchez et al., 2017).

La huella ecológica se convierte en una herramienta contable, que define en términos numéricos los límites ecológicos. Esto se logra mediante el contraste del valor calculado con respecto a la capacidad de carga, indicador del máximo flujo de recursos que es posible extraer del planeta, este stock no declina a través del tiempo (Castellar, Herrera, y Maestre, 2016).

El cálculo de la huella ecológica tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Para producir cualquier producto, independientemente del tipo de tecnología utilizada, necesitamos un flujo de materiales y energía, producidos en última instancia por sistemas ecológicos.
- Se necesitan sistemas ecológicos para reabsorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales.
- Se ocupan espacios con infraestructuras, viviendas equipamientos, etc., que reducen las superficies de ecosistemas productivos (Martínez Castillo, 2008).

### **Conclusiones parciales**

En conclusión, se puede resumir que es de suma importancia considerar las buenas prácticas para la obtención de semillas sanas y saludables que garanticen la germinación y la fortaleza de la planta en función de la calidad final del tabaco en rama, pero que además sea una práctica con el mínimo de impacto para evitar los costes ambientales asociados al cultivo intensivo del tabaco en nuestro país, puesto que este continúa siendo un rubro económico exportable importante cuya actividad debe ser lo más sostenible posible.

Otra conclusión parcial, es que las herramientas ecológicas seleccionadas (ACV y cálculo de huella ecológica), pueden servir de base para determinar el impacto ambiental asociado a esta actividad (producción de semillas) a la vez que permiten discernir qué variante de semillero puede resultar más sostenible, lo que puede servir de documento base para la toma de decisiones a diferentes niveles.

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

En este capítulo se describe como se pueden integrar herramientas de la economía ecológica basada en el pensamiento del análisis desde la cuna a la tumba, y parte del principio de utilizar todas las oportunidades que brindan los métodos de análisis de ciclo de vida y huella ecológica.

En este trabajo en lugar de utilizar distribución de cargas ambientales se realizó un inventario según los datos establecidos por el Instructivo técnico del cultivo calculados y encaminados a la producción de 2600 plantas, lo que equivale a la producción de 10 kg de semillas.

### **Lugar de la experimentación. Inventario del proceso de obtención de semillas**

La investigación se realizó en la UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán subordinada a la Empresa de Tecnología e Investigación Instituto de Investigaciones del Tabaco y se dirigió a la determinación la sostenibilidad del proceso de producción de semillas de *Nicotiana tabacum* L cv. Sancti Spíritus 2006.

La figura 5 muestra el diagrama general del proceso. Se evaluaron tres variantes de semilleros que se utilizan en el cultivo del tabaco, haciendo uso del software OpenLCA versión 1,3, este software de Análisis de Ciclo de Vida, desarrollado por “Green DeltaTC”, está disponible como código abierto y diseñado como una estructura modular y flexible, permitiendo que sean incluidos diferentes módulos, los que se ejecutan como aplicaciones autónomas (Rodríguez Pérez, 2014).

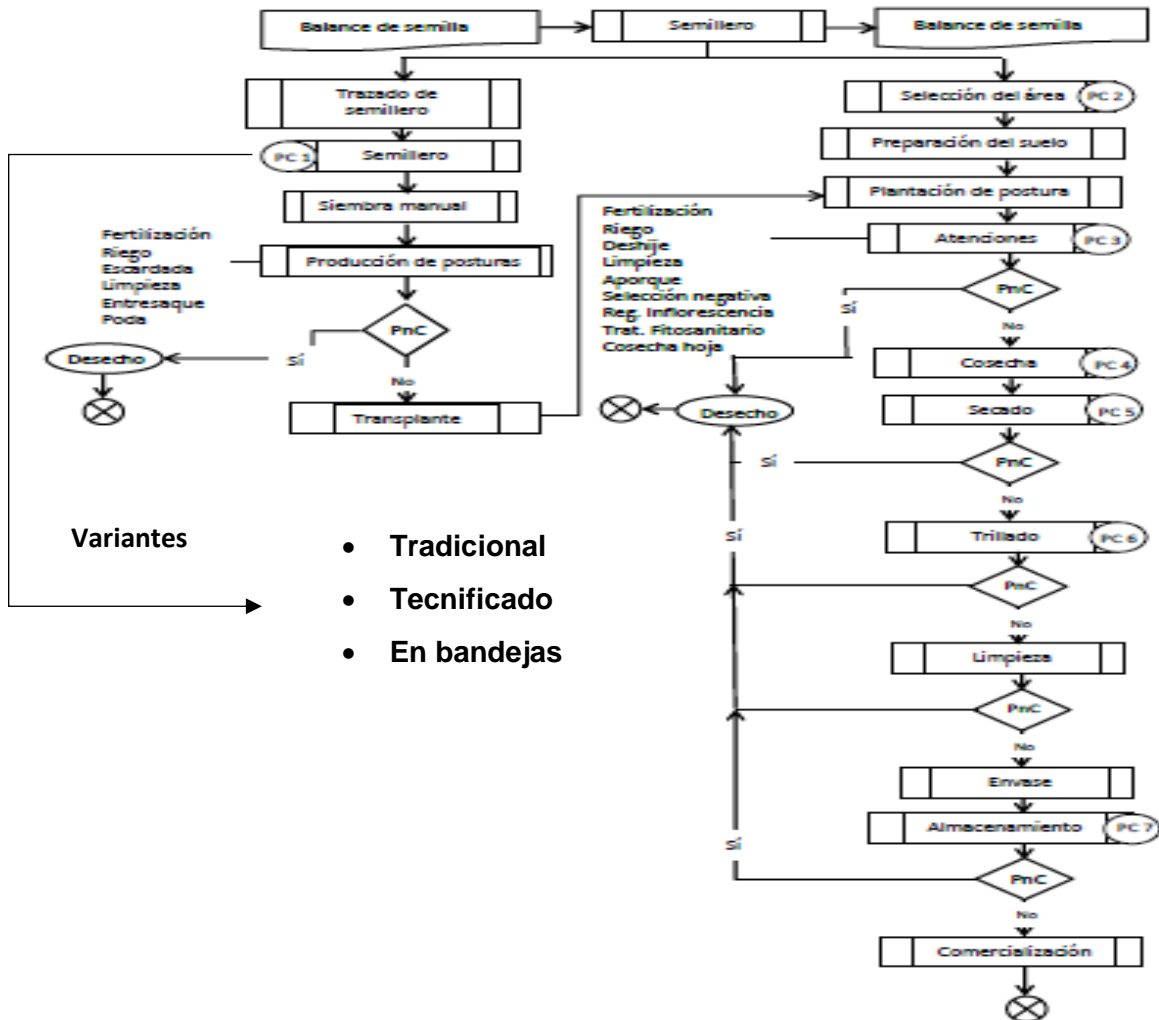


Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de producción de semillas de *N. tabacum*

La primera fase se identificaron las necesidades del desarrollo de la investigación, y a la determinación del alcance y los objetivos a partir del enfoque de ACV. En ello la definición del objetivo tiene fuertes implicaciones para la realización del estudio de ACV, en particular la definición del alcance (Bravo Amarante, 2019). En esta etapa es necesario considerar los elementos establecidos por la norma NC ISO 14040 (ISO, 2009)

- ✓ La razón para la ejecución del ACV.
- ✓ Definición precisa del producto, su ciclo de vida y la función que cumple.
- ✓ La unidad funcional, que constituye una base para la comparación.

## Capítulo II:

- ✓ Descripción de los límites del sistema y reglas de asignación de cargas ambientales.
- ✓ Datos y requisitos con respecto a la calidad de datos. Suposiciones y limitaciones.
- ✓ Los requisitos con respecto al proceso de evaluación del impacto e interpretación.
- ✓ Las audiencias proyectadas y la forma de cómo los resultados serán comunicados.
- ✓ Si aplica, la forma de cómo se va a llevar a cabo una revisión del mismo rango.
- ✓ El tipo y formato del informe requerido para el estudio.

El alcance del ACV es la evaluación de la sostenibilidad en el proceso de producción de semillas de tabaco de la UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán, por lo tanto, el inventario realizado comienza con los insumos, energía y agua que se utilizan para este proceso, el cual puede ser separado de todos los demás, se tomó como unidad funcional 10 kg de semilla *Nicotiana tabacum* L cv. Sancti Spiritus 2006.

El análisis documental estuvo enmarcado en los fundamentos del Instructivo Técnico del Tabaco (MINAG, 2012). Se consultó además a especialistas de la entidad para la elaboración del inventario de los insumos, energía y agua que se utiliza en la producción de semilla desde la etapa de preparación del suelo como antesala, hasta que se comercializa, siguiendo una trazabilidad diaria debido a que es un organismo vivo que requiere de atención cultural diaria, por cuestiones de respeto de propiedad no se plasman en la investigación el detalle de los insumos utilizados, solo se reflejan los resultados después de la aplicación de las herramientas de evaluación de sostenibilidad.

Al elaborar un ACV, es necesario establecer las limitaciones de éste, identificando el sistema de producto a utilizar, la unidad funcional, las categorías de impacto a evaluar, la metodología de evaluación de impacto del ciclo de vida (EICV) a utilizar, entre otras consideraciones que permitan la correcta aplicación del estudio en

paralelo a la coherencia necesaria respecto a la aplicación prevista (Ascencio Figueroa, 2019).

El ACV es una metodología analítica que examina cada etapa del ciclo de vida de un producto o servicio, y para ello se han desarrollado varias metodologías para su aplicación. Se propone la aplicación de la metodología ReCiPe, este método se construye sobre la base de Eco-indicador 99 y CML. Cuenta con 18 categorías de impacto y tres categorías de daño. ReCiPe intenta armonizar dos metodologías de evaluación, basadas en indicadores de punto intermedio y de punto final (Rodríguez Pérez, 2014).

De manera general el inventario contiene las cantidades específicas de insumos, agua y energía, así como el equipamiento y el suelo, utilizados en cada variante de semillero. Por cuestiones de seguridad y porque la producción de semilla básica en la UEB está Certificada, no se anexa el inventario completo.

### **Suposiciones, limitaciones y calidad de los datos**

Las descripciones de la calidad de los datos son importantes para comprender la fiabilidad de los resultados del estudio y de manera adecuada interpretar el resultado del estudio (Bravo Amarante, 2019). Los datos que reflejan la cantidad de insumos, agua y energía fueron convertidos para la cantidad de plantas que se necesitan para la producción del valor declarado en la unidad funcional, según las especificaciones que se describen en el documento legislado para la producción de semillas de tabaco en Cuba, estando limitado a la disciplina tecnológica a seguir en este proceso, y a la competencia del personal que labora en este.

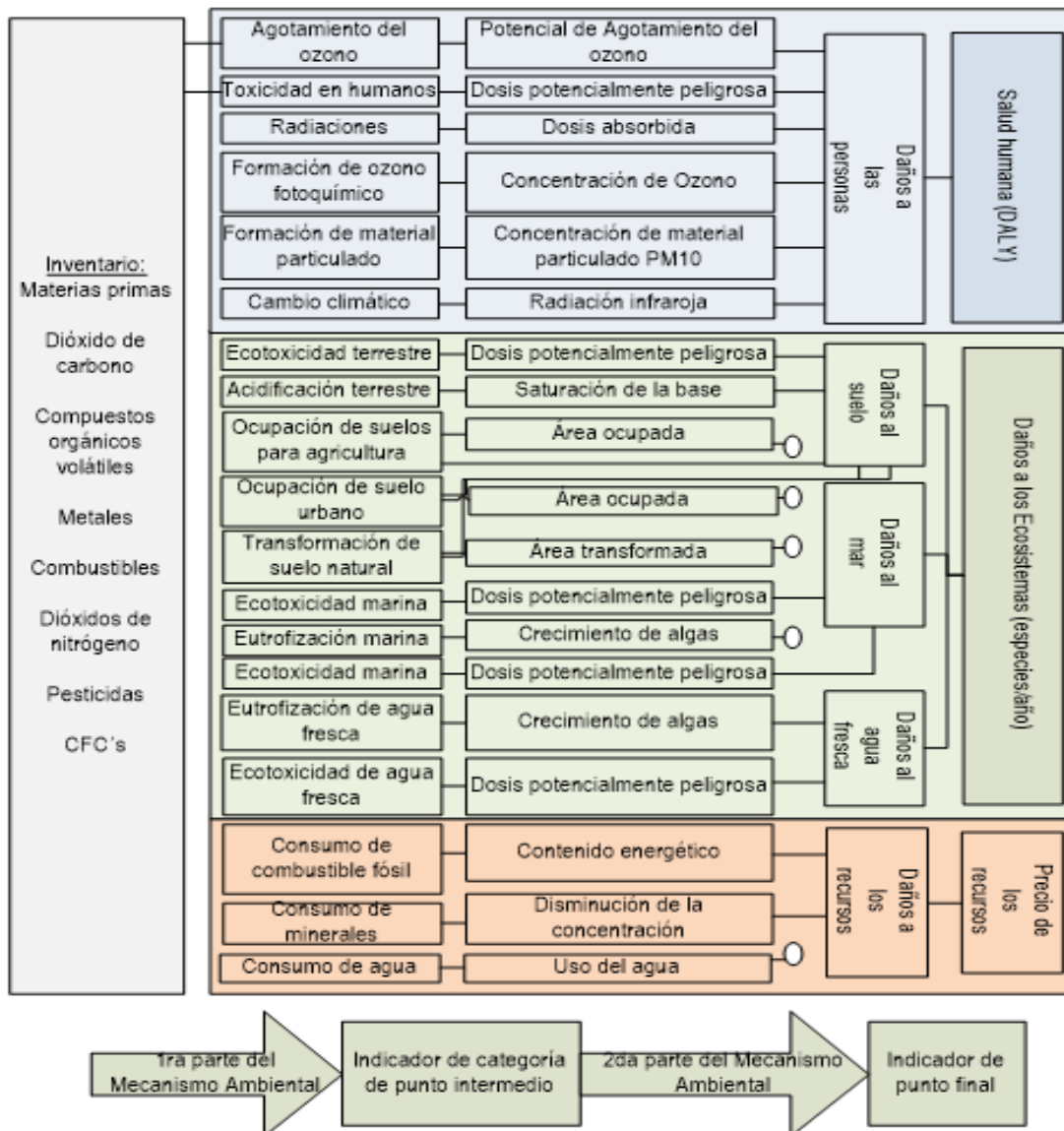
### **Análisis de ciclo de vida**

Un ACV (Life Cycle Assessment (LCA) de su traducción del inglés), también conocido como balance ambiental, balance ecológico o evaluación del ciclo de vida (ECV), es una herramienta de investigación y evaluación de los impactos ambientales de



un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida.

El ACV es, por tanto, una metodología para el estudio del ciclo de vida de un producto y de su proceso de producción. Para realizar este análisis, se toma un proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos.



**Figura 6** Relación de las categorías de impacto y de daño de ReCiPe. Fuente: (M Goedkoop et al., 2009) citado por (Bravo Amarante, 2019).

La metodología LCA ha sido aplicada en una infinidad de productos y sistemas. A los diversos sistemas de almacenamiento que se aplica esta metodología, se busca conocer los elementos que la conforman y los impactos agrupados en una serie de “categorías de impacto” (Figura 6):

El alcance del ACV es el proceso de producción de semillas de tabaco de la UEB Estación Experimental de Tabaco de Cabaiguán, por lo tanto, el inventario comienza con los insumos, energía y agua que se utilizan para este proceso, el cual puede ser separado de todos los demás, se tomó como unidad funcional la producción de 10 kg de semillas *Nicotiana tabacum* L cv. Sancti Spíritus 2006. Se establecieron los límites del sistema donde se especifica cada variante de semillero.

Se evaluaron las tres variantes de semilleros que se utilizan en el cultivo del tabaco, haciendo uso del software *OpenLCA* versión 1.3, este software de Análisis de Ciclo de Vida, desarrollado por “*Green DeltaTC*”, es un software de código abierto, de acuerdo con los estándares de la iniciativa de código abierto. Fue desarrollado para que el ACV y la Evaluación de sostenibilidad fueran más accesibles y asequibles inicialmente en Europa y más tarde en otros países, entre ellos Cuba. Cuenta con una estructura modular y flexible, permitiendo que sean incluidos diferentes módulos, los que se ejecutan como aplicaciones autónomas (Rodríguez Pérez, 2014).

Se aplicó la metodología ReCiPe, que utiliza el Eco-indicador 99 y CML .La ventaja de utilizar esta metodología radica en que armoniza dos metodologías de evaluación, basadas en indicadores de punto intermedio y de punto final (Rodríguez Pérez, 2014). Se evalúan 18 categorías de impacto y tres categorías de daño (Goedkoop et al., 2009). Se utilizó el software *OpenLCA* versión 1.3 disponible en diversas versiones y plataformas y se utilizaron las bases de datos y recursos disponibles en la web.

### **Vinculación de la base de datos**

Una vez instalado el software, se requiere el enlace con una base de datos a trabajar. Las bases de datos son archivos con extensión “olca” y se agregan mediante un asistente.

La base de datos permite trabajar según procesos, productos y flujos, depende del interés, existen tres etapas principales que son los productos donde se almacena el sistema completo, la etapa de procesos donde están los elementos que componen el sistema que se quiere analizar y flujos que almacena las relaciones internas que tiene el sistema. Para llegar a esta etapa se debe contar con un inventario de las entradas de insumos, agua y energía para cada proceso en la unidad de medida que requiere el software. Los datos se introdujeron a partir de los principios activos de los insumos que se utilizan en la producción de semilla de tabaco, después de realizar la conversión a la magnitud masa kilogramo, o las referidas a energía. Este proceder es similar para cada variante de semillero.

### **Realización de diagrama**

Una vez concluida la inserción de componentes e indicarle al programa todas las relaciones, el software nos permite crear un diagrama previo a la realización de los cálculos. El software permite utilizar varias metodologías como son: la ReCiPe, Eco-Indicator 99, huella ecológica entre otros. En este caso se utilizaron la metodología ReCiPe: Midpoint y Endpoint y la metodología huella ecológica. Para cada uno de los casos el software emite valores de cada uno de indicadores de impacto ambiental, los cuales se evaluaron en porcentaje en función de un análisis más objetivo.

### **Calculo de huella ecológica**

Se utilizó la metodología de cálculo de huella ecológica que proporciona el OpenLCA y se utilizó el software: Cálculo de Huella ecológica desarrollado por (López Yanez y López Bastida, 2010).

## Capítulo II:

Para el cálculo de la huella ecológica que se deriva de la producción de 10 kg de semilla *Nicotiana tabacum* L cv. Sancti Spiritus 2006 se identificaron todos los insumos a utilizar, energía, capital humano, y superficie terrestre descritos en el inventario desagregados en este caso por energía, combustibles, insumos químicos, áridos, capital humano y superficie terrestre utilizada, según el software para el cálculo de la huella ecológica, utilizado por la Universidad de Cienfuegos cada uno de estos grupos cuentan con valores de conversión CO<sub>2</sub> equivalente, valor que después de efectuar una sumatoria por subtotales (energía, insumos, gastos indirectos y superficie) emite la huella ecológica de cada variante de semillero (López Yanez y López Bastida, 2010).

A continuación, se describe en la tabla 2 las entradas que tributan a las subhuellas de energía, insumos, de gastos indirectos y de superficie construida.

Subhuella de Energía	Electricidad (MW*h)
	Crudo Nacional (T)
	Fue Oil (T)
	Diesel (T)
	Gasolina Regular (T)
	Gasolina Especial (T)
	Keroseno (T)
	Nafta (T)
	GLP (T)
	Alcohol Desnaturalizado (T)
	Aceites Lubricantes (T)
	Grasas Lubricantes (T)

## *Capítulo II:*

	Antracita (T)
	Turbo (T)
	Coque (T)
	Carbón Bituminoso (T)
	Turba (T)
	Asfalto (T)
Subhuella de Insumos	Cemento, yeso, piedra, tierra, sal, azufre, etc. (kg)
	Carne Porcina (kg)
	Vidrio, porcelana, material refractario (kg)
	Derivados del plástico (kg)
	Materiales textiles (kg)
	Productos químicos, higiénicos y de limpieza; pinturas, barnices, etc (kg)
	Abonos (kg)
	Hierro, acero y metales (kg)
	Aluminio y derivados (kg)
	Manufacturas del hierro, acero y metales
	Maquinaria industrial (unid)
	Aparatos eléctricos, telecomunicaciones, sonido, oficina (unid)
	Vehículos terrestres, tractores y vías férreas (unid)
	Productos farmacéuticos (unid)
	Vestuario textil (confección de algodón)
	Manufactura del cuero y pieles (unid)
Carnes (kg)	

## *Capítulo II:*

	Lácteos (kg)
	Cereales, harinas, pastas, arroz, pan (kg)
	Legumbres, raíces y tubérculos (kg)
	Aceites y grasas (kg)
	Azúcar, dulce, turrónes (kg)
	Madera, productos básicos (kg)
	Mobiliario y manufactura de madera (unid)
	Papel, cartón y sus manufacturas (unid)
	Productos editoriales, prensa, etc (unid)
	Productos fotográficos y cinematográficos (unid)
	Joyería, oro, piedras preciosas (unid)
	Café y Té (kg)
	Tierra (ha)
Subhuella de gastos indirectos	% de Gastos Indirectos
Subhuella de Superficie Construida	Infraestructura productiva (ha)
	Infraestructura logística y administrativa (ha)
	Viales (ha)
	Otras estructuras (ha)

Para introducir los datos en el software se parte de los valores del inventario inicial, primero se debe seleccionar el tipo de huella que se quiere calcular, en este caso es sobre un producto, la semilla de tabaco.

Otros de los pasos que requiere el software es la introducción del objeto de investigación en este caso se introducen los nombres de los tipos de semilleros,

## *Capítulo II:*

posteriormente, se especifica la unidad en que se debe generar el valor de la huella ecológica, la cual el autor especifica que el valor se emitirá en kilogramo por hectárea. El software exige que se introduzca los datos relacionados con la producción anual, en este caso el valor coincide con la unidad funcional descrita en la utilización del software OpenLCA, es decir 10 kg de semillas de tabaco.

### **Conclusiones parciales:**

En resumen, en este capítulo se describió la integración del análisis del ciclo de vida y el cálculo de huella ecológica en la producción de semillas de *N. tabacum* desde la realización del inventario hasta la aplicación de las herramientas y software utilizados. La secuencia lógica que presenta la metodología permite determinar de las tres variantes de semillero la de mayor sostenibilidad

## **CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Definición de límites del sistema y unidad funcional**

La fitotecnia aplicada al cultivo del tabaco como se describe anteriormente está descrita en el Instructivo Técnico del Tabaco, los datos insertados en el software OpenLCA responden a toda la atención cultural de 2600 plantas de tabaco que sometidas a una correcta disciplina tecnológica y con condiciones ambientales favorables tienen un rendimiento aproximado de 10 kg de semillas, en la trazabilidad de la planta de tabaco se aplican pesticidas, herbicidas, fungicidas, bioestimulantes, fertilizantes, microelementos, y se utilizan diversos compuestos para formar suelos, energía, agua, entre otros (Figura 7). Todos estos insumos a partir de un inventario previo fueron introducidos en forma de valores en el software antes descrito.



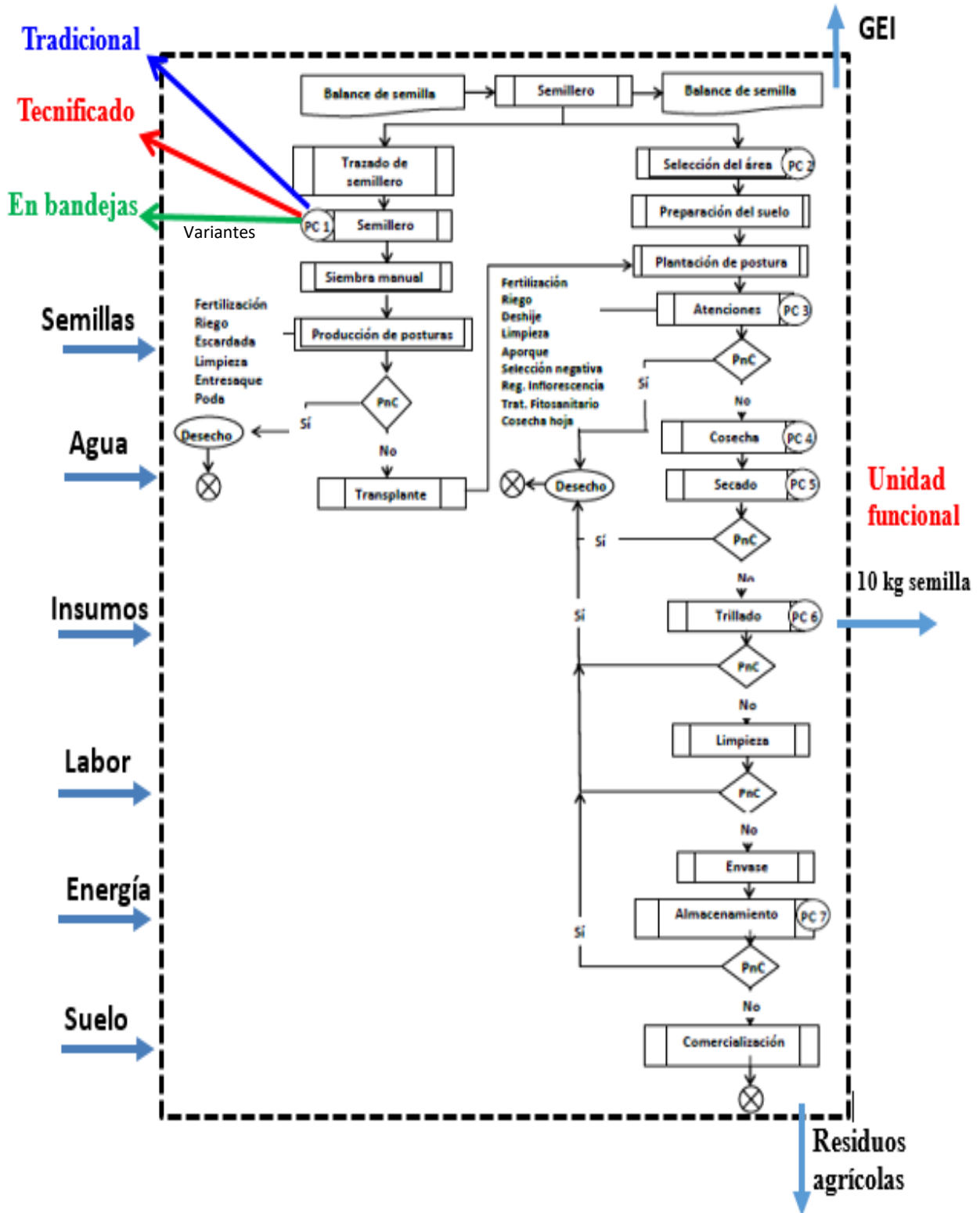


Figura 7: Límites del sistema de producción de semillas que se consideró para el ACV, considerando como unidad funcional 10 kg de semilla.

Los resultados muestran los impactos ambientales potenciales de las entradas y salidas en la fase de inventario de los sistemas para las categorías de impacto. Resultó importante estimar los impactos ambientales de esta actividad como herramienta para la toma de decisiones a través de los cambios tecnológicos y las mejoras continuas de los procesos. Sin embargo, para que sea posible, se debe tener una consideración particular. Se estima que el 18% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) provienen del cambio de uso del suelo y la silvicultura (Ramirez-Cando y Spugnoli, 2016). En el cultivo del tabaco se hace uso en varios momentos de fertilizantes basados en la fórmula completa (NPK) por lo cual la literatura consultada refiere que es necesario considerar el potencial de calentamiento global y otras categorías de impacto para estimar la producción de N<sub>2</sub>O debido a fertilizantes nitrogenados y residuos durante el proceso utilizando herramientas de software como BioGrace u OpenLCA (Ramirez-Cando y Spugnoli, 2016).

#### **Análisis por categorías de impactos según la metodología *ReCiPe Midpoint***

Para la correcta interpretación de los resultados, se tuvo en cuenta que en el estudio se consideraron los siguientes tipos de semilleros: semillero tradicional, semillero tecnificado, semillero en bandejas. Los resultados del análisis por categorías de impactos según la metodología *ReCiPe Midpoint* para los diferentes semilleros se muestran como porcentaje del impacto total, con valores de impacto perjudicial, en la Figura 8. Los cálculos de los indicadores de cada categoría de impacto intermedio de acuerdo a una sustancia de referencia, por ejemplo, la categoría de impacto calentamiento global puede tener todos los factores de caracterización en función de la cantidad equivalente de dióxido de carbono que representan (Rodríguez Pérez, 2014).

Los resultados muestran que el semillero tecnificado tiene mayor impacto en varias categorías como: terreno urbano ocupado, ecotoxicidad terrenal, acidificación terrenal, oxidante fotoquímico, formación de partículas, agotamiento de metales, eutroficación marina, ecotoxicidad marina, radiación ionizante, eutroficación de agua dulce, cambio climático y ocupación de terreno para la agricultura muestran el

### Capítulo III:

impacto ambiental de este tipo de semillero. En el semillero tecnificado comparado con los demás contrasta en los valores de la acidificación terrenal (0,6 kg SO<sub>2</sub>-Eq), consistiendo en la deposición de ácidos resultantes de la liberación de óxidos de nitrógeno y sulfuro en la atmósfera, en el suelo y en el agua, dónde puede variar la acidez del medio afectando a la flora y fauna que habita en él, produciendo deforestación, y que además puede afectar a los materiales de la construcción. Este era un resultado esperado para el semillero tecnificado por los altos volúmenes de sustrato y fertilizantes químicos necesarios en su elaboración.

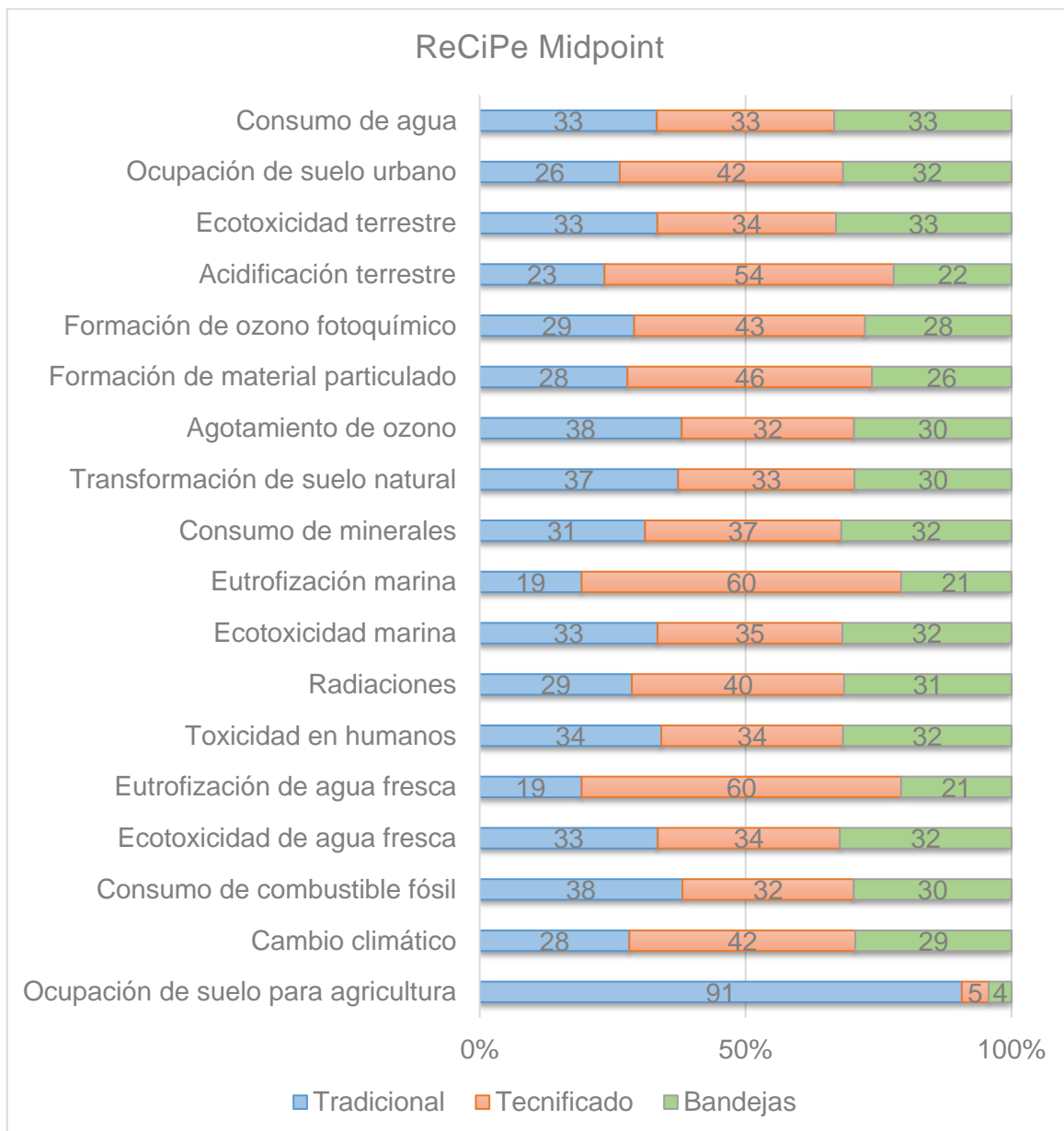


Figura 8: Porcentaje de la contribución para cada una de las categorías de impacto de los tres tipos de semilleros.

En el caso de la categoría de formación de ozono fotoquímico el semillero tecnificado presenta diferencia en cuanto a valores en los tres tipos de semilleros. Como el semillero tecnificado se realiza con un substrato elaborado y requiere de altos volúmenes de fertilizantes químicos significativamente mayores que las otras variantes de semillero, era de esperar que tuviera mayor impacto en la formación de compuestos orgánicos volátiles tales como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{NH}_x$  y consecuentemente con la formación de ozono fotoquímico. Bajo la influencia de la radiación solar, los óxidos de nitrógeno, reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles (COV) para influir en la formación ozono troposférico, este fenómeno tiene lugar principalmente durante los meses de verano. La presencia de monóxido de carbono puede igualmente contribuir a la formación de ozono. Estos oxidantes fotoquímicos pueden resultar perjudiciales para la salud humana, los ecosistemas y la agricultura (Martínez, 2019).

En la categoría de formación material particulado es notable la diferencia de la variante de semillero tecnificado (0,1 kg  $\text{PM}_{10}$ -Eq). Estas son partículas suspendidas extremadamente pequeñas originadas por procesos antropogénicos como la combustión, extracción de recursos, etc. (Gutierrez et al., 2018)

Por su parte en la eutrofización marina y de agua dulce, la variante de semillero tecnificado (134,9 kg N-Eq), es la variante con mayor efecto negativo, debido al alto nivel de los macronutrientes nitrógeno y fósforo. Su incremento puede representar un aumento de la producción de biomasa en los ecosistemas acuáticos (Martínez, 2019). Para esta categoría de impacto, las emisiones durante la aplicación de fertilizantes a nivel de campo son factores dominantes. En esa etapa de la cadena de suministro, las pérdidas para el medio ambiente tienen un impacto claramente mayor, en comparación con los otros pasos dentro de la cadena (Haslera, Bröringc, Omtab, y Olf, 2015).

En cuanto a la categoría de impacto cambio climático (también expresada como la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero), el fertilizante nitrogenado contribuye especialmente a las emisiones de N<sub>2</sub>O, un gas potencial de calentamiento global que es 298 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>. (Haslera et al., 2015), el valor en esta categoría para la variante de semillero tecnificado fue de 48,2 kg CO<sub>2</sub>-Eq.

Se coincide con los investigadores que en el cultivo del tabaco se consume un alto porcentaje de energía de forma indirecta por concepto de fertilizantes y pesticidas. Esto se debió a la elevada dosis que de estos últimos se aplicó al cultivo para obtener una producción de buena calidad, coincidiendo así con el criterio de (Cleveland, 1995; Conforti y Giampetro, 1997; Gezer, Acaroglu, y Hacisferogullari, 2003; Vásquez et al., 2017). Cuestión que consolida la afectación del semillero tecnificado al medio ambiente en comparación con los otros dos, mostrando además los datos ofrecidos del software OpenLCA le continúan en efectos nocivos el semillero en bandejas y posteriormente el tradicional.

A pesar de los resultado anteriores en cuanto a ocupación de tierras agrícolas, el semillero tradicional marca una gran diferencia debido al uso del suelo, cuestión que los demás semilleros sustituyen el suelo por sustratos, elaborados a partir de la mezclas de abonos orgánicos como la gallinaza, cachaza, compost, entre otros, pero la literatura consultada refiere que el uso de la tierra está relacionado con agricultura y esta es una causa importante de emisiones atribuibles a la economía alimentaria mundial y otros sectores como la bioenergía (Ramirez-Cando y Spugnoli, 2016). También marca pautas en el agotamiento del ozono, aspecto que es provocados debido a las emisiones antropogénicas de sustancias como Clorofluorocarburo (CFC) que agotan la capa de ozono (Gutierrez et al., 2018). Dadas a la energía utilizada en la preparación del suelo y en el proceso de riego.

En resumen, al hacer un análisis de los tres tipos de semilleros los resultados de la aplicación de la metodología ReCiPe Midpoint, sugiere que las alternativas más sostenibles son: el semillero en bandejas y el semillero tradicional en ese orden, haciendo un balance estadístico de los 18 indicadores de impacto como muestra la

figura 9. El semillero tradicional tiene valores superiores en 10 categorías de impacto y el semillero en bandejas marca valores superiores a la variante anterior en 6 categorías de impacto, es necesario señalar que en 2 categorías de impactos son iguales los porcentajes de incidencia. Las categorías de impacto, generalmente se componen de los ambientes más centrales problemas tales como el calentamiento global, el agotamiento de los recursos, la ecotoxicidad, el agotamiento del ozono, eutrofización y acidificación (Salam-zade, 2015). Los resultados y valoraciones de la aplicación de la metodología ReCiPe Midpoint, son insuficientes para dar un criterio final con respecto a la sostenibilidad de las variantes de semillero, por esta razón, se hace necesaria la utilización de la metodología ReCiPe Endpoint para evaluar otras categorías de daño final sobre el medio ambiente.

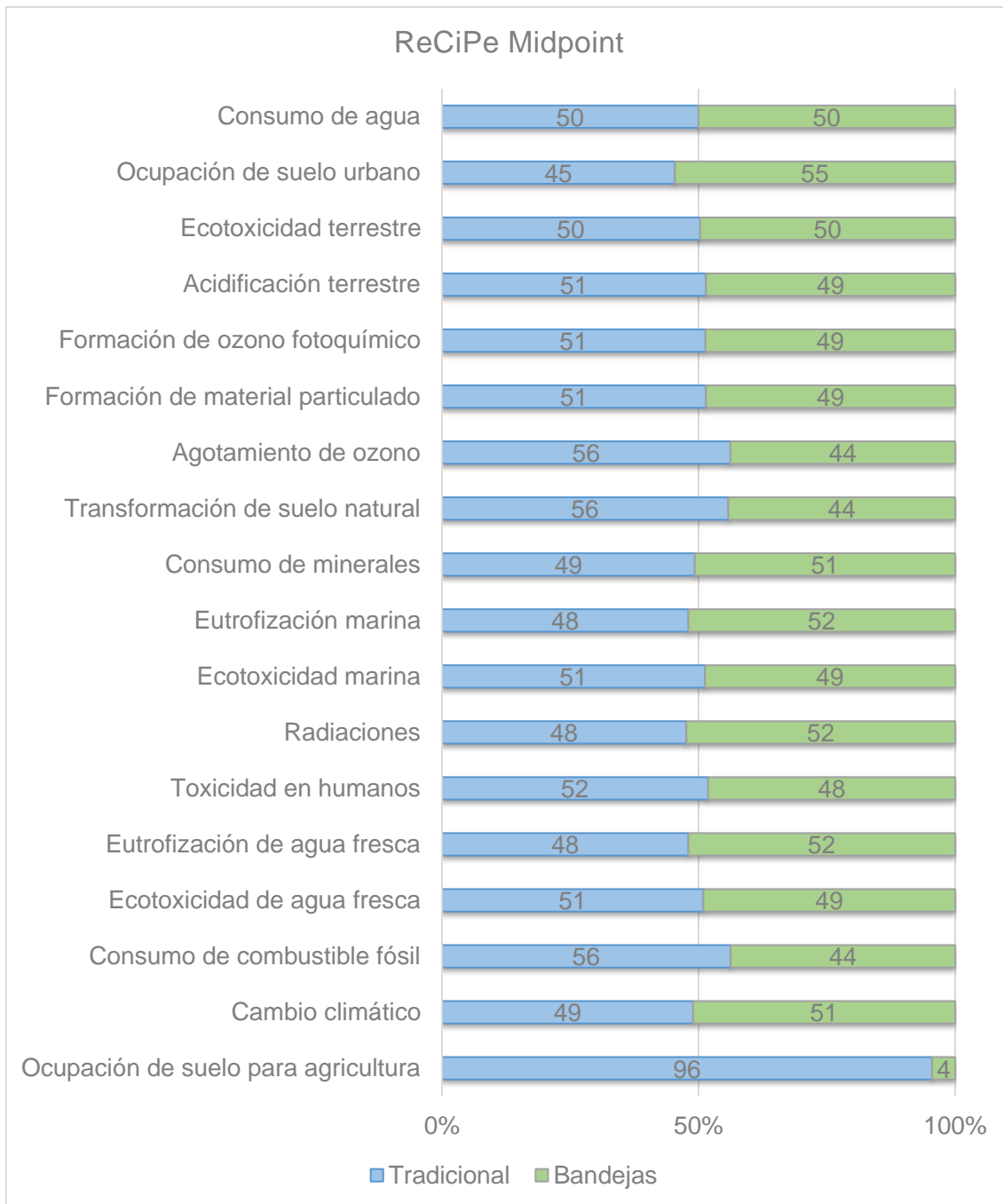


Figura 9: Porcentaje de la contribución para cada una de las categorías de impacto de los semilleros: tradicional y en bandejas.

**Análisis por categorías de impactos según la metodología *ReCiPe Endpoint***

Los resultados en la aplicación de la metodología *ReCiPe Endpoint* se muestran en la Figura 10, en el caso de esta metodología que utilizan puntos finales, se intenta modelar los daños que representan las emisiones de las sustancias dentro de cada categoría con respecto a un daño potencial (Rodríguez Pérez, 2014).

En el análisis de los resultados de la figura muestran que el semillero tradicional presenta mayores valores en 3 de las categorías de daño final, el semillero tecnificado en 16 y el semillero en bandejas no lidera ninguna de las categorías de impacto. Los datos permiten señalar la preeminencia de los altos valores del semillero tecnificado en categorías de impacto relacionadas con los efectos sobre la salud humana y en la calidad del ecosistema. Le continúa en afectación al medio ambiente el semillero tradicional incurriendo en el agotamiento de fósiles; ozono y en la ocupación de la tierra, es decir afectando recursos, la salud humana y el ecosistema.

Según la norma ISO 14040 de 2009 (ISO, 2009), la metodología para el ACV es única, pero esta resulta flexible dada a la heterogeneidad de los procesos y servicios a la que puede ser aplicada.





### **Cálculo de huella ecológica**

El sector agrícola es el segundo sector emisor de gases de efecto invernadero, detrás del sector transporte, de ahí que se hayan desarrollado herramientas específicas para él. Por otro lado, posee la particularidad de ser el único sector capaz de producir emisiones (derivadas del uso de los combustibles fósiles, de la gestión de los suelos y del uso de fertilizantes, de la quema de residuos agrícolas, de la ganadería, de los arrozales, etc.) a la vez que es capaz de ejercer de sumidero de CO<sub>2</sub> a través de la capacidad que tienen el suelo y los cultivos leñosos de captar CO<sub>2</sub> (Bovea Edo, Valls-Val, Ibáñez-Forés, y Braulio-Gonzalo, 2018).

Comparativa de huella de carbono de organizaciones a partir de diferentes herramientas de cálculo

Según la NFO (Network Footprint Organization – organización responsable de hacer investigaciones sobre huella ecológica), la huella ecológica es un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta, relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos y es una medida de la capacidad necesaria para regenerarse y absorber las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas.

La ventaja de la huella ecológica para entender la apropiación humana está en aprovechar la habilidad para hacer comparaciones. Es posible comparar desde las emisiones de transporte de un bien en particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala (hectáreas). El cálculo de la huella ecológica es complejo y, en algunos casos, imposible, lo que constituye su principal limitación como indicador. En cualquier caso, existen diversos métodos de estimación a partir del análisis de los recursos que una persona consume y de los residuos que produce.

Si bien se ha expuesto el semillero en bandejas como el de menor impacto ambiental según la herramienta anterior, se hace necesario comparar esos resultados con el cálculo de huella ecológica para poder seleccionar un semillero lo más sostenible posible atendiendo a la mayor cantidad de herramientas a nuestro alcance.

Las figuras 11 y 12 muestran el cálculo de huella ecológica por medio de la utilización del software OpenLCA.

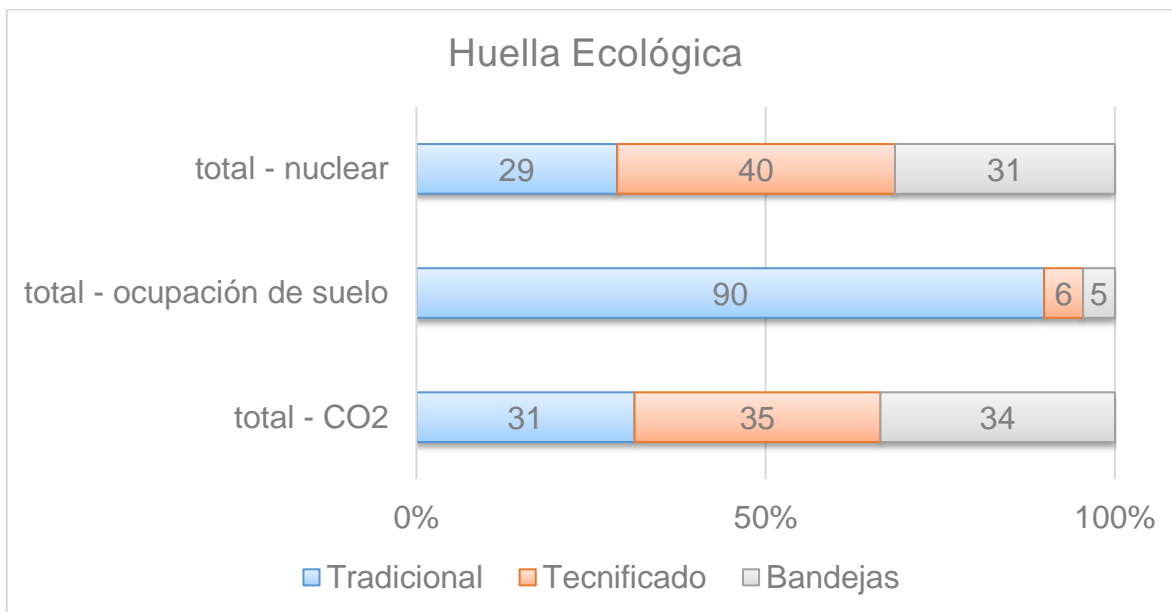


Figura 11: Porcentaje de la contribución para cada una de las categorías de impacto de los tres tipos de semilleros.

Al comparar por separado los resultados de las tres dimensiones, el semillero tecnificado lidera en dos de ellas, por lo que se convierte en el menos conveniente a utilizar según los valores de déficit ecológico de esta herramienta. Por otro lado, en estas mismas dos categorías tanto el semillero en bandejas como el tradicional comparten valores similares, aunque ligeramente superiores para el semillero en bandejas por lo que al evaluar los resultados de forma independiente teniendo en cuenta únicamente el mayor impacto por categorías el semillero de menor déficit ecológico sería el tradicional. Sin embargo, cuando se tienen en cuenta las verdaderas diferencias cuantitativas, se observa una marcada diferencia en el caso de la categoría de ocupación territorial. Si se tiene en cuenta que para la elaboración de un semillero el suelo debe ser lo más virgen posible, es altamente significativa la cantidad de terreno a utilizar. Mientras que al comparar en conjunto las tres categorías para el semillero tradicional y en bandejas (Figura 12) los valores totales indican que el semillero indicado a utilizar es en bandejas. A medida que la huella

ecológica se incrementa, el impacto sobre el medioambiente y particularmente sobre los recursos naturales se hace más significativo (Gavilán-Martínez y Reinoso, 2017)

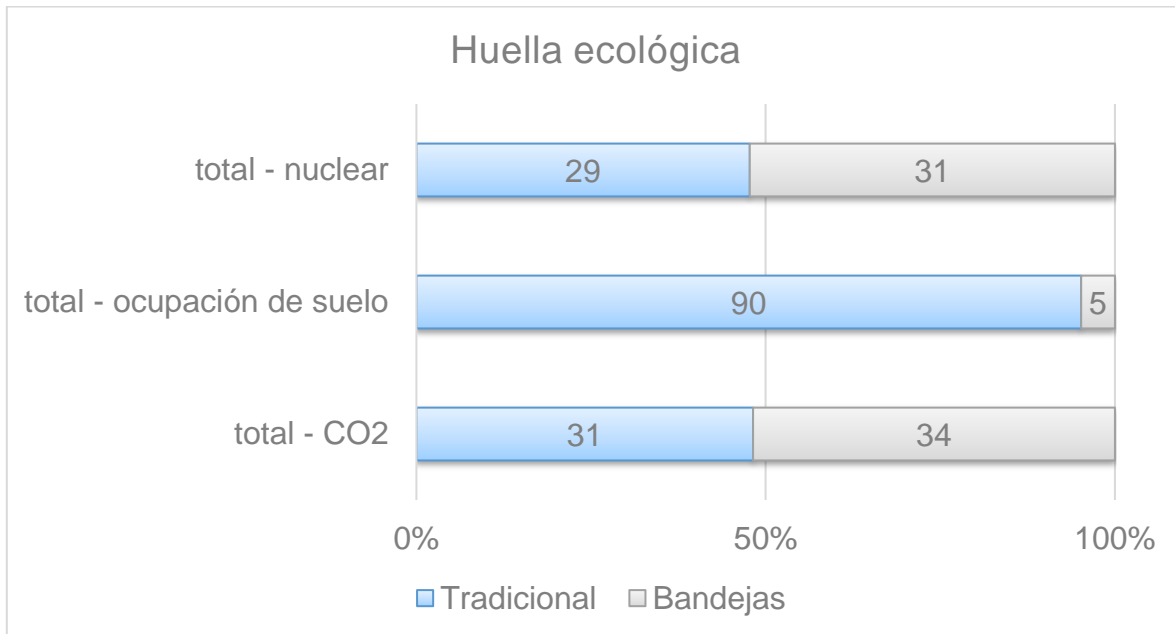


Figura 12: Porcentaje de la contribución para cada una de las categorías de impacto de los tres tipos de semilleros.

El cultivo del tabaco en Cuba se ha caracterizado por la implantación de sistemas convencionales basados en el empleo en la mayoría de los casos de monocultivos, de variedades comerciales de elevado rendimiento potencial, y fertilizantes agroquímicos lo que ha traído como consecuencia una demanda mayor de insumos productivos provenientes, en última instancia, de la naturaleza con el consiguiente incremento de las emisiones de gases con efecto invernadero.

Al utilizar semilleros en bandejas flotantes la labranza es nula con respecto a los otros dos tipos de semillero lo que reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la labranza convencional y la preparación de los suelos, a su vez esto está asociado a una disminución del consumo de combustibles fósiles.

### *Capítulo III:*

La utilización de las bandejas con pequeñas proporciones de suelo y la utilización para el riego de solamente el agua necesaria para el desarrollo fisiológico de las plántulas hace que en la extensión territorial prevalezcan sus pocas emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto a los demás semilleros. Además de que las bandejas son reciclables por lo que una vez desinfectadas pueden utilizarse nuevamente en las contiguas campañas, lo que la convierte en una alternativa más ecológica aún al compararlas con los demás semilleros.

Los programas de investigación e innovación en la agricultura comienzan a atender aceleradamente el desarrollo de tecnologías de adaptación al cambio climático, intentando reducir los riesgos productivos derivados de las emisiones de CO<sub>2</sub> al medio con afectaciones directas sobre el suelo, la atmósfera y el clima, el agua, la biodiversidad y el paisaje. Medidas encaminadas hacia la mitigación de dichos gases, mediante la implementación de tecnologías de producción más limpias, posibilita en gran medida la reducción de la huella del carbono. Por tanto, como resultado de este estudio se sugiere el uso del semillero en bandejas aéreas para la producción de plántulas destinadas a la producción de semillas de tabaco según las condiciones de cultivo establecidas por los expertos en el cultivo en Cuba.

En el cultivo del tabaco en Cuba se aplican similares técnicas de cultivo tanto para la producción de semilla, como para el cultivo de la hoja, solo existen 3 variantes diferentes en la agrotecnia y es en la etapa de semillero donde el productor o la entidad puede decidir que variante a utilizar. El estudio de sostenibilidad realizado arrojó datos que permiten conocer que la variante de semillero en bandejas además de utilizar menos espacio en suelo, también es la variante de semillero más sostenible para la producción de semillas de tabaco en Cuba. según las herramientas utilizadas y descritas anteriormente en el cuerpo del trabajo

La tabla 3 muestra los resultados del cálculo de huella ecológica a través de la utilización del software para el cálculo de huella ecológica de la Universidad de Cienfuegos.

Tabla 3: Cálculo de huella ecológica según (López Yanez y López Bastida, 2010)

	<b>Salidas</b>		
	<b>En bandejas</b>	<b>Tecnificado</b>	<b>Tradicional</b>
<b>Subhuella de energía</b>	0,02	0,02	0,02
<b>Subhuella de insumos</b>	889,7	2110,8	197,0
<b>Subhuella de superficie construida</b>	0,30	0,20	0,30
<b>Sumatoria según el software</b>	890,05	2110,99	197,30
<b>Huella ecológica (kg*ha)</b>	<b>89,01</b>	<b>211,10</b>	<b>19,73</b>

Al comparar los valores de subhuella de energía no existe diferencia entre los semilleros por lo que se hace necesario analizar las demás variables comparables. A excepción de subhuella de superficie construida, con un resultado ligeramente inferior en todos los casos el semillero tecnificado no es elegible como una opción sostenible para la producción de semillas de tabaco. Por otra parte, al comparar el semillero tradicional y en bandejas resultó tener un déficit ecológico significativamente inferior de huella ecológica relacionada con los kilogramos de CO<sub>2</sub> por hectárea. Este resultado sugiere a simple vista el semillero tradicional como el más sostenible para la producción de semillas.

Si se analizan a fondo estos resultados podemos ver entonces que la variable determinante en la sumatoria del software y por tanto en el cálculo final de huella ecológica está relacionada con el déficit ecológico de la subhuella de insumos. Aunque este estudio abarca datos discretos relacionados con la producción de semillas utilizando tres semilleros diferentes con todos los insumos necesarios, es preciso destacar que las campañas de producción no se encuentran aisladas unas de otras, sino contiguas año tras año. En el caso de los semilleros tradicionales es

necesario la utilización de suelos vírgenes o en barbecho por más de 5 años por lo que la inversión en insumos es la misma al empezar cada campaña y por tanto la producción de CO<sub>2</sub> por hectárea. En los semilleros tecnificados, aunque se cuenta con un área fija el substrato a utilizar es nuevo cada año por lo que los insumos son similares y por tanto los valores de huella ecológica. Sin embargo, es necesario destacar que, en el semillero en bandejas, tanto las bandejas como el suelo y las fibras estructurales son reutilizables, por lo que los insumos y utilización de suelo solo se utilizan una vez; esto proporciona una sostenibilidad significativamente mayor de una campaña a la otra.

Las herramientas utilizadas el ACV que permite determinar el impacto que sobre el medio ambiente tiene la producción de diferentes artículos, materiales y servicios, a partir de un enfoque holístico, es decir, que considere todos los componentes involucrados desde la extracción de las materias primas hasta la disposición de los productos. Así también la huella ecológica, que proporciona indicadores con miras a la sostenibilidad económica y ambiental de los procesos, así como corregir desviaciones en aquellos parámetros significativos (Bermudez Garcia, 2017). La evaluación crítica de las herramientas de la economía ecológica, demuestra las limitaciones que presentan cada una de ellas de manera aislada, para valorar la sostenibilidad. Por lo que se hace necesario la integración de las mismas (Bravo Amarante, 2019).

#### **Conclusiones parciales**

Los resultados de la aplicación de las herramientas manifestaron que tanto en el ACV como en el cálculo de huella ecológica el semillero tecnificado presenta valores que llevan a descartarlo como variante sostenible debido a que incide en varias categorías que dañan el medio ambiente, así como en los valores de la huella ecológica, siendo: formación de ozono fotoquímico, formación de material particulado, acidificación terrestre y transformación de suelo natural los más significativos. Por otra parte, las variantes: tradicional y en bandejas mostraron valores similares en varias categorías, sin embargo, la ocupación de suelo y la

### *Capítulo III:*

utilización de insumos en general en todas las herramientas de economía ecológica utilizadas fueron categorías claves para evaluar que el semillero en bandejas es más sostenible que el tradicional.

La aplicación de las herramientas permitió no solo discernir entre las variantes sino además evaluar su sostenibilidad independientemente de los cambios mínimos que puedan existir a simple vista entre las variantes. Esto constituye una base sólida para la toma de decisiones en cuanto a la selección de tecnologías sostenibles para la producción de semillas de alta calidad como proceso clave e inicial en la cadena de producción de tabaco.

Después de lo referido se puede concluir que, en cuanto a la afectación a largo plazo el semillero en bandejas es la alternativa más sostenible para la producción de semillas de tabaco.



## **Conclusiones**

1. El inventario realizado a partir de lo establecido en el Instructivo técnico del cultivo del tabaco, permitió identificar a las variantes de semillero como variable determinante en la fitotecnia y existencia de diferencias claves en el uso de insumos y la agrotécnica.
2. A través del ACV tanto por la metodología *ReCiPe MidPoint* como por *EndPoint* se descartó el posible uso del semillero tecnificado por su alta influencia en la mayoría de las categorías de impacto y se determinó que la variante más sostenible fue el semillero en bandejas. Así mismo, el cálculo de huella ecológica por los dos softwares utilizados, mostró que la variante más sostenible fue el semillero en bandejas por su significativa baja influencia tanto en la ocupación de suelo como en la utilización de insumos.
3. La aplicación de ambas herramientas de economía ecológica permitió concluir que, en cuanto a la afectación a largo plazo, el semillero en bandejas es la alternativa más sostenible para la producción de semillas de tabaco. Esto por tanto constituye una base sólida para la toma de decisiones al respecto del proceso productivo desde la dimensión ambiental.

## **Recomendaciones**

1. Aplicar otras herramientas como el análisis exergético, y el método emergético que permitan complementar el ACV de este producto y encontrar índices más globales a la vez que específicos de sostenibilidad.
2. Realizar análisis de sensibilidad de parámetros críticos
3. Analizar la incertidumbre de los datos para evitar su propagación

## **Bibliografía**

- Altiery, M., & Nicholls, C. I. (2010). Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. *Revista de economía crítica*, 10, 62-74.
- Álvarez-Díaz, P. D., Doménech-Quesada, J. L., & Perales Vargas-Machuca, J. A. (2008). Huella ecológica energética corporativa: Un indicador de la sostenibilidad empresarial.
- Ascencio Figueroa, F. A. (2019). *Análisis de ciclo de vida (ACV) de una planta de envases y embalajes en el marco de la ley 20.920*. (Tesis de técnico universitario de Control del Medio Ambiente), Universidad técnica Federico Santa María sede Viña del Mar - José Miguel Carrera, Retrieved from <http://repositorio.usm.cl>
- Avery, G. S. (1933). Structure and germination of tobacco seed and the developmental anatomy of seedling plant. *American Journal of Botany*, 20, 309-327.
- Ávila Ruíz, L. J. (2016). *Cálculo de la Huella Ecológica generada por la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Sede Principal a través de la metodología utilizada para el cálculo de la Huella Ecológica en universidades por López y Blanco.*, Bogotá D.C.
- Badii, M. H. (2008). La huella ecológica y sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*, 672-678.
- Bermudez Garcia, J. M. (2017). *Aplicación de instrumentos de Economía Ecológica con enfoque de Producción Mas Limpia en el proceso de producción de la Empresa Termoeléctrica Cienfuegos*. Corporación Universidad de la costa,
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3ra ed.). New York: Springer.
- Bland, M. M., Matzinger, D. F., & Levings, C. S. (1985). Comparison of the mitochondrial genome of *Nicotiana tabacum* with its progenitor species. *Theoretical and Applied Genetics*, 69, 535-541.
- Bovea Edo, M. D., Valls-Val, K., Ibáñez-Forés, V., & Braulio-Gonzalo, M. (2018). Re: Comparativa de huella de carbono de organizaciones a partir de diferentes herramientas de cálculo
- Bravo Amarante, E. (2019). *Metodología para valorar la sostenibilidad de la gestión de residuos agrícolas con fines energéticos*. . (Tesis en opción al Grado

Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. ), Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez",

Carpintero, O. (2005). El metabolismo de la economía española: Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000). *Lanzarote: Fundación César*

*Manrique.*

Carpintero, Ó. (2006). La huella ecológica de la agricultura y la alimentación en España, 1955-2000 *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 25.

Caselles Moncho, A. (2008). LA HUELLA ECOLÓGICA CORPORATIVA DE LOS MATERIALES: APLICACIÓN AL SECTOR COMERCIAL. *Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social.*

Castellar, A. V., Herrera, R. J., & Maestre, K. (2016). Aplicación de nuevas propuestas multivariantes para medir la capacidad de un proceso. *ingeniare*(21), 31-42.

Chase, M. W., Knapp, S., Cox, A. V., Clarkson, J. J., Butsko, Y., Joseph, J., . . . Parokonny, A. (2003). Molecular systematics, GISH and the origin of hybrid taxa in *Nicotiana* (Solanaceae). *Annals of Botany.*

Cleveland, C. J. (1995). Resource degradation, technical change, and the productivity of energy use in US agriculture. *Ecological Economics*, 13, 185-201.

Conforti, P., & Giampetro, M. (1997). Fossil energy use in agriculture: an international comparison. . *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 65, 231-243.

de la Torre Martín, J. (2016). La Huella Ecológica: un indicador de sostenibilidad para las actividades humanas. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(1), 9-17 Doi: 10.25127/indes. 201401.201001.

Frankham, R., Ballou, J. D., & Briscoe, D. A. (2003). *Introduction to conservation genetics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Gavilán-Martínez, E., & Reinoso, M. (2017). Estimación cuantitativa de la huella del carbono en el cultivo de la caña de azúcar en Villa Clara. *Revista Centro Agrícola*, 44(No.1), 71-79.

Gezer, I., Acaroglu, M., & Haciseferogullari, H. (2003). Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 24, 215-219.

Goodspeed, T. H. (1954). *The genus Nicotiana. Chronica botánica*. Massachusetts, USA: Waltham.

- Güereca, L. P. (2006). *Desarrollo de una metodología para la valoración en el análisis del ciclo de vida aplicada a la gestión integral de residuos municipales*. (Tesis Doctoral), Barcelona.
- Gutierrez, V., del Rosario, M., Ana, L. d. S., Miriam, P. F., Ernesto, F., Castañeda, M., . . . German, G. T. (2018). *Life cycle assessment of pig production a case study in Mexican Farm*. Paper presented at the 35th International Scientific Conference on Economic and Social Development.
- Haslera, K., Bröringc, S., Omtab, S. W. F., & Olfs, H.-W. (2015). Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. *European Journal of Agronomy*, 69(1), 41-51. doi:10.1016/j.eja.2015.06.001
- ISO, N. (2009). Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. . In *Principios y Marco de Referencia*. (Vol. 14040).
- Kenton, A., Parokony, A. S., Gleba, Y. Y., & Bennett, M. D. (1993). Characterization of the *Nicotiana tabacum* L. genome by molecular cytogenetics. *Molecular and General Genetics*, 240, 159-169.
- Knapp, S., Chase, M. W., & Clarkson, J. J. (2004). Nomenclatural changes and a new sectional classification in *Nicotiana* (Solanaceae). *Taxon*, 53(1), 73-82.
- Leubner-Metzger, G. (2003). Hormonal and molecular events during seed dormancy release and germination. In G. Nicolás, K. J. Bradford, D. Côme, & H. W. Pritchard (Eds.), *The biology of seeds: Recent research advances* (pp. 101-112). New York, USA: Wallingford.
- López Bastida, E., & Pino Alonso, R. (2016). *Indicadores de economía ecológica para alcanzar la sustentabilidad. Ejemplo de caso: América Latina*. Paper presented at the Universidad 2016 10mo congreso internacional de Educación Superior.
- López Yanez, E., & López Bastida, E. (2010). *Software para la determinación de la huella ecológica*. (Tesis de Grado), Universidad de Cienfuegos,
- Martínez Castillo, R. (2008). Educación y huella ecológica. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 8(1).
- Martínez, P. G. (2019). *Análisis de ciclo de vida aplicado a la producción de tomate bajo abrigo en Almería*. (Tesis de Maestría), Universidad de Sevilla,
- MINAG. (2012). *Instructivo técnico para el cultivo del tabaco*. Artemisa, Cuba: Editorial AGRINFOR.
- Molina Restrepo, J., & Ocampo Rodríguez, M. M. (2016). *Cálculo de la huella ecológica en el campus de la universidad tecnológica de pereira*. Risaralda.

## *Bibliografía*

- Montes, A. (2004). *Estudio de caso: Fitomejoramiento participativo en Cuba: Promoción de la biodiversidad y la seguridad alimentaria por campesinos e investigadores*. Bogotá.
- Okamuro, J. K., & Goldberg, R. B. (1985). Tobacco single-copy DNA is highly homologous to sequences present in the genomes of its diploid progenitors. *Molecular Genetics and Genomics*, 198, 290-298.
- Ramirez-Cando, L., & Spugnoli, P. (2016). A review of life cycle assessment: agroproducts modeling. *La Granja*, 24(2), 5-15.
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Novell, D., & Larinde, M. (2007). *Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8*. Roma, Italia: Bioversity International.
- Rodríguez Pérez, B. (2014). *Metodología para la evaluación de impacto de ciclo de vida para la industria cubana*. (Tesis de Maestría), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas., Santa Clara.
- Rojas, Y. S., Pita, A. L. D., & Zulueta, B. (2014). Estrategia para el desarrollo sostenible de la CPA "Cuba Socialista" del municipio Pinar del Río. *Avances*, 16(2), 178-190.
- Salam-zade, Y. (2015). *Sustainability analysis of Martela's upcoming Sola chairs*. (Bachelor's Thesis), Helsinki Metropolia University of Applied Sciences,
- Sanchez, I. I., Cabrera, J. M., Rojas, F. M., Ortiz, J. F., Gordillo, S., & Perdomo, D. A. (2017). *Software para el cálculo de la huella ambiental en la producción de cacao*. Paper presented at the Memorias de Congresos UTP.
- Tapia, G. (2018). La huella ecológica y las estrategias organizacionales. *Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano*, 1(1), 170.
- Uchiyama, H., Chen, K., & Wildman, S. G. (1977). Polypeptide composition of fraction I protein as an aid in the study of plant evolution. *Stadler Genetics Symposia Series*, 9, 83-99.
- Vásquez, L., Marzin, J., & Rodríguez González, N. (2017). Políticas públicas y transición hacia la agricultura sostenible sobre bases agroecológicas en Cuba.
- Wackernagel, M. y W. R. (1996). Our Ecological Footprint: reducing human impact on the Earth. *New Society Publishers*.