

Viabilidad Económica de la Construcción de un invernadero de estructura convencional vs un invernadero estructurado con botellas PET

Estefania Llanos¹, Johan Nicolás Sarmiento², Oscar Andres Chaparro³, Lys Mercedes Largacha⁴

¹⁻³Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Manuela Beltrán
Bogotá - Colombia

¹ estefania.llanosgarcia.co@ieee.org

²nicolassarmientorincon@hotmail.com

oscarandreschapparrog@gmail.com

⁴Asociación Profesional IEEE Colombia
Calle 67 # 6 - 60 Bogotá - Colombia

⁴ Lys.M.L@ieee.org

Abstract - The Wounaan an indigenous community from the department of Choco - Colombia for several years has been victim of forced displacement by groups outside the law, as a result much of its population has had to be relocated in different cities of the country. Some of them have been settled down in Ciudad Bolivar, Bogota. Due to their necessities it has built a greenhouse with recyclable material in order to create a favorable environment impact and provide food for this community with scarce and limited resources. In this article arose economic and energetic advantages and at the same time the carbon footprint generated when the structure of a greenhouse is build with recyclable material against conventional materials, in order to demonstrate the feasibility of building with recyclable materials and diminish the environmental impact, in terms of carbon footprint.

Resumen - Actualmente, las poblaciones vulnerables y desplazadas por la violencia, un ejemplo de esto son las comunidades indígenas, ya que se han visto en la obligación de buscar o generar recursos que les permitan subsistir en un ambiente nuevo y desconocido como lo es la ciudad en la cual se han visto obligadas a asentarse. La agricultura urbana, al ser la herramienta más económica para generar alimentos de autoconsumo en la ciudad, ha venido desarrollando diferentes alternativas de escenarios para lograr cultivos

adecuados que satisfagan su consumo de alimentos, el espacio que ocupa y la mitigación de daños hacia el medio ambiente.

El objetivo de este trabajo, es identificar si la estructura tipo invernadero desarrollada con botellas PET, contribuye a una agricultura urbana más amigable con el medio ambiente, mitigando las emisiones de gases tipo efecto invernadero y/o reduciendo gastos a nivel general en comparación con los invernaderos convencionales.

Keywords: environmental impact, footprint, greenhouse, recyclable.

I. INTRODUCCIÓN

Las estructuras tipo invernadero datan de más o menos 3000 años AC, las cuales fueron adoptadas por agricultores en China, Egipto, Israel, Grecia, Atenas y Roma, aunque más rudimentarias que las que conocemos hoy día.

Hacia el siglo XV en Italia y Alemania por primera vez se convierten en una técnica muy común para el cultivo de alimentos con el fin de protegerlos del invierno, así progresivamente conforme su práctica era más común se iba buscando una mayor eficiencia energética con el objeto de ahorrar energía. Ya hacia 1737 se construye el primer invernadero de paneles de cristal donde luego de la industrialización se elaboran con doble acristalamiento térmico y hasta después de la primera y segunda guerra

mundial tras la aparición del plástico se empiezan a diseñar con PVC, poliéster, poliestireno entre otros [1].

Una de las problemáticas importantes que afronta Colombia actualmente, es el desplazamiento forzoso. Colombia es el segundo país con más desplazados a nivel mundial [2] y tan solo Sudan supera las cifras de Colombia en materia de desplazados.

Una de las poblaciones más vulnerables a este fenómeno son las comunidades indígenas, las cuales suman un 6.5 % del desplazamiento de sus habitantes; esto teniendo en cuenta que representan el 2% de la población en Colombia [3]. Debido a esto, dichas comunidades se ven obligadas a movilizarse desde su zona de asentamiento original hacia las grandes ciudades, como es el caso de Bogotá donde en la localidad Ciudad Bolívar se han establecido 114 familias de la comunidad Wounnan provenientes del Choco.

Queriendo preservar el conocimiento ancestral que poseen dichos indígenas en cuanto a plantas se refiere y apoyar a la comunidad en sí, se desarrolló un invernadero a base de material reciclable, tomando como materia primaria las botellas PET presentando un diseño innovador, práctico, económico y amigable con el medio ambiente apuntando a contribuir con el desarrollo sostenible. El objetivo principal del invernadero es proporcionar un espacio adecuado en el cual dicha comunidad pueda obtener productos agrícolas de uso cotidiano, así como plantas medicinales. Adicionalmente se evidencia la reducción en gastos económicos, energéticos y emisiones de CO₂ empleando material reciclable en la elaboración del invernadero para la comunidad indígena Wounaan, cuya implementación se podría replicar en diferentes partes del mundo en especial comunidades de bajos recursos.

II. MARCO TEÓRICO

A. Invernaderos y tipos de estructuras:

Existen varios tipos de invernaderos los cuales se diferencian por su estructura, a continuación se presentan dos tipos de invernaderos convencionales::

- 1) *Invernadero túnel*: Se puede definir invernadero a todas las estructuras que superan los 2.75-3.00 m³/m² [2]. Este tipo de invernadero cuenta con una alta resistencia a los vientos, fácil y rápida instalación al ser estructuras prefabricadas [3]. Pero es limitadamente pequeño como se puede observar en la (Tabla 1), en su interior queda cierto volumen de aire retenido y así puede ocurrir el fenómeno de inversión térmica, este sistema se recomienda en cultivos de lechuga, flores, frutilla, etc) [2].

TABLA I
MEDIDAS DE UN INVERNADERO TÚNEL

Ancho (m)	Altura del Cenit (m)	Altura a 0.50 (m)
3.0 – 5.0	1.5	-
6.0	2.5	1.3
8.5	3.2	1.7
9.5	3.3	1.7

Fuente:

<http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2009/10/Tipos-de-Invernaderos.pdf>

- 2) *Invernadero capilla (a dos aguas)*: Este tipo de invernadero, el cual se observa en la (Figura 1) tiene una de las estructuras más antiguas. La pendiente del techo varía regularmente entre 15° y 35°. La dimensión del ancho puede variar entre 6 y 12 m, aunque en ocasiones puede ser mayor. La altura de los laterales se encuentra entre 2.0 – 2.5 m y la cumbre 3.0 – 3.5m. Respecto a la ventilación no ofrece dificultades, pero si presenta problemas con invernaderos en baterías como se muestra en la (Figura 1). Su construcción es de baja complejidad y los materiales son de bajo costo (Bouzo & Gariglio, 2009).

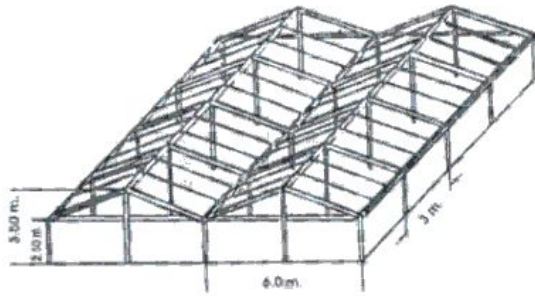


Figura 1. Invernadero capilla (a dos aguas). Fuente: <http://inta.gob.ar/documentos/invernaderos-en-patagonia-norte>

B. Huella de carbono

La huella de carbono se entiende como la suma de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera producidas por una persona en sus diferentes actividades cotidianas medidas en un lapso de tiempo determinado, la cual se presenta en unidades de toneladas equivalentes de CO₂ [4]. Según Ecopetrol S. A. (2014), calcular la huella de carbono es importante para evidenciar el impacto que genera cada actividad y cada ser humano al medio ambiente, de manera tal que al tener conciencia de la cantidad de emisiones generadas, se proceda a cambiar hábitos y realizar acciones que permitan la disminución de la huella de carbono.

Se sabe que el uso de materiales de baja biodegradabilidad como los derivados del petróleo, contribuyen al aumento de la huella de carbono y dióxido de carbono, en la medida en que su disposición final en ocasiones se hace por incineración (entre otros procesos) y se aprecia un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [5]. Aunque la incineración produce menos impacto que la disposición en rellenos sanitarios, muchos de estos materiales podrían aprovecharse en otros procesos, disminuyendo aún más la huella de carbono. Materiales como las botellas PET desechadas se convierten entonces en el insumo de algunas empresas y así sirven como fuente económica para personas dedicadas al oficio del reciclaje. Se ha visto una evolución innovadora al incluir este tipo de residuos en procesos de producción, un ejemplo de esto son los ladrillos ecológicos para construir muros Laguna (2011).

C. Producción más limpia

La producción más limpia es una estrategia ambiental que proviene e integra los procesos productivos y los

productos, con el fin de reducir riesgos a los humanos y el ambiente [6]. Esto se puede realizar a través del ahorro de materias primas, agua y energía, eliminación de insumos peligrosos y por último la reducción de la cantidad de emisiones, toxicidad y residuos en la fuente Pennella (2012).

Beneficios:

El principal beneficio de la producción más limpia es que favorece el cumplimiento de la normatividad ambiental, fomentando el menor consumo de agua, energía y materias primas, de igual forma beneficia a los empresarios ya que sus costos económicos se ven disminuidos debido a un menor costo de tratamiento de efluentes y menor disposición de residuos, lo que conlleva a mejorar la imagen de la empresa Pennella (2012).

III. METODOLOGÍA

A. Factor Económico:

En la determinación de gastos económicos se realizó una consulta de materiales utilizados comúnmente para la elaboración de estructuras de invernaderos y se compararon con los materiales empleados en el invernadero realizado en la comunidad Wounaan con dimensiones $9m^2 \times 1.85m$, esto por medio de tablas y diagramas de barras para evidenciar y comparar las inversiones necesarias en ambos tipos de invernadero y saber que diseño es el más viable a emplear en comunidades con escasos recursos.

B. Determinación de la huella de carbono:

Para calcular la huella de carbono se emplea una página web colombiana llamada Huella de carbono CO₂, la cual es una página gubernamental encargada de medir la huella de carbón de 116 municipios del país. Esta herramienta está certificada por las Naciones Unidas. (PAS 2050, ISO 14064-1 y el GHG PROTOCOL PRODUCT ESTÁNDAR) [7] e incorpora varios factores para lograr su objetivo entre los que están consumo de energía, agua, gas, generación de

residuos y viajes en vehículos o avión. Para efectos de esta investigación solo se emplearon el consumo de energía y consumo de agua para lograr un aproximado de la generación de huella de carbón en la producción de materiales convencionales utilizados para la estructura del invernadero en cuestión y a su vez con material reciclable aprovechado para la elaboración de una estructura novedosa.

IV. RESULTADOS

Los gastos tenidos en cuenta hacen referencia a la inversión en materiales para la construcción de la estructura de cada diseño, cabe resaltar que en el estudio no se estima el costo de mano de obra.

En la tabla II se presentan los costos que se generan al construir la estructura de un invernadero con materiales convencionales.

TABLA 1. COSTOS DE CONSTRUIR UN INVERNADERO CON MATERIALES CONVENCIONALES COMO EL ACERO

MATERIALES Y SUS PRECIOS PARA CONSTRUIR UN INVERNADERO CON ACERO		
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO COLOMBIANO
Tubos de acero galvanizado EMT 3 1/2"	9m	\$ 146.058,00
Plástico de invernadero de 200 micras	39 m ²	\$ 140.118,00
Correas de amarre	4	\$ 314.226,00
Vigas de soporte	4	\$ 346.500,00
Canaletas	2	\$ 90.750,00
Tornillos autorroscables con chazos 2"	200	\$ 19.800,00
amarres metálicos 3 1/2"	24	\$ 3.762,00
	TOTAL	\$ 1.061.214,00

El total se presenta en pesos colombianos y corresponde a \$1.601.214.

En la tabla III se dan a conocer los gastos correspondientes a materiales empleados en la construcción de un invernadero a base de material reciclable.

TABLA III
COSTOS DE CONSTRUIR UN INVERNADERO CON MATERIAL RECICLABLE

MATERIALES Y SUS PRECIOS PARA CONSTRUIR UN INVERNADERO CON MATERIAL RECICLABLE		
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO COLOMBIANO
Petambus	652	\$ 0,00
Botellas 650 ml	4536	\$ 0,00

Tornillos autorroscables de 1"	624	\$ 49.401,00
Tornillos autorroscables de 2"	560	\$ 55.440,00
Amarres plásticos	24	\$ 1.221,00
Grapa tipo puente	6	\$ 792,00
	TOTAL	\$ 106.854,00

El total se presenta en pesos colombianos y este corresponde a \$106.854.

En la siguiente figura se muestra la diferencia en cuanto a costos ya presentados.



Figura 2. Costos de construcción de un invernadero con materiales convencionales y reciclables.

V. CONCLUSIONES

Energéticamente un invernadero de material reciclable consume menos energía y agua en lo que a elaboración de materia prima concierne, puesto que los materiales convencionales están ligados a procesos industriales que dependen de altas cantidades de energía. Por otro lado en cuanto a la huella de carbón que genera la producción de materiales para la construcción de invernaderos, el construido con material reciclable de acuerdo a los resultados obtenidos para huella reduce el impacto a la atmosfera 6 veces en comparación al elaborado con el material convencional.

En base a los resultados obtenidos se puede inferir que realizar un invernadero con material reciclable es más factible que uno convencional, dado que este genera menos costos puesto que la mayoría de la materia prima utilizada

para construir esta estructura es de una u otra manera un material que se considera como un desecho. Sin embargo al recuperarlo y darle un uso este puede llegar a tener un valor en el sentido que puede brindar un servicio como en este caso: una estructura que soporta una fuente de alimentación para una comunidad indígena Wounaan a la cual pertenece un gran número de personas.

De acuerdo a la figura 2, los costos de materiales convencionales para un invernadero alcanzan a ser 10 veces más altos que los de material reciclable.

En cuanto a la huella de carbono, la elaboración de los materiales (como el acero) empleados para la construcción de estructuras de invernaderos convencionales, generan un mayor impacto en el ambiente; puesto que los procesos industriales son los que consumen más energía en sus procesos de fabricación.

Se evidenció que la huella de carbono generada al producir los materiales necesarios para construir un invernadero con material convencional de 9m²x1.85m, supera por 15.61 Ton de CO₂ al invernadero que se realiza con material reciclable.

Al obtener las botellas PET para la elaboración de estructuras tipo invernadero, no se genera una huella de carbono adicional; ya que estas botellas que fueron desechadas al consumirse el líquido en su interior, cumplieron con el tiempo de vida útil según el propósito para el cual fueron fabricadas inicialmente (Recipiente de bebida); por lo tanto al ser reutilizadas, se logra reducir en un 0.93 Ton CO₂ por cada tonelada de plástico, ya que se logra evitar que sean incineradas o llevadas a un relleno sanitario [8]

De acuerdo a lo anterior, para la elaboración de la estructura tipo Invernadero de la familia Wounaan, NO SE TIENE EN CUENTA la huella de carbono generada al producir botellas PET, la cual sería de 32 Ton CO₂ según la cantidad de botellas que se emplearon en su construcción.

References

- [1] J. P. P. Juan Carlos López Hernández, «EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE INVERNADERO,» Enero 2006. [En línea]. Available: <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/evolucion-de-las-estructuras.pdf>.
- [2] C. A. Bouzo y N. F. Gariglio, «Tipos de Invernaderos,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2009/10/Tipos-de-Invernaderos.pdf>. [Último acceso: 15 02 2016].
- [3] F. G. Busquets y S. Solomando, «ESTRUCTURA E INSTALACIONES DE UN INVERNADERO,» 12 01 2011. [En línea]. Available: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11369/Mem%C3%B2ria.pdf>. [Último acceso: 15 02 2016].
- [4] Carbon Trust, «Carbon footprinting guide,» <https://www.carbontrust.com/resources/guides/carbon-footprinting-and-reporting/>
- [5] D. Segura, R. Noguez y G. Espín, «Contaminación ambiental y bacterias productoras de biofilms,» http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_31.pdf. [Último acceso: 15 02 2016].
- [6] C. M. Herrera y B. v. Hoof, «La evolución y el futuro de la producción más limpia en el sector textil,» pp. 101-120, 31 10 2007.
- [7] Huella de carbono CO₂, «Huella de carbono CO₂,» http://huellacarbono.cundinamarca.gov.co/modules/mod_calculo_personal/.
- [8] Ecopetrol S. A., «Mecanismos de desarrollo limpio,» <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/medio-ambiente/cambios-climaticos/huella-de-carbono>.
- [9] Basura Cero, «¿Por qué no a la incineración?,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.basuracero.org/>
- [10] Vista Alegre Baserria, «Los envases a debate,» <http://www.vistaalegrebaserria.com/index.php/ontziak-eztabaidagai#aurkibidea>.
- [11] L. Martínez, «Los indígenas víctimas de Ciudad Bolívar,» <http://www.las2orillas.co/los-victimas-indigenas-de-ciudad-bolivar/>.
- [12] A. M. M. Piñeros, «EL DESPLAZAMIENTO FORZADO EN COLOMBIA Y LA INTERVENCIÓN DEL ESTADO,» pp. 169-202, 2012.
- [13] M. C. Laguna, «LADRILLO ECOLÓGICO COMO MATERIAL SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE INVERNADERO,» <http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1>
- [14] F. Pennella, «PRODUCCION MAS LIMPIA,» http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Ppnud08/file/Clase%207_%20Ing_%20Fisico.pdf. [Último acceso: 17 03 2016].