

Diseño y Funcionamiento de un Invernadero con Estructura Externa elaborado en Botellas PET

Karen Alexandra Barragan ^{#1}, Oscar Iván Rico ^{#2}, Julián Camilo Forero ^{#3}, Lys Mercedes Largacha ^{*4}.

*#Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Manuela Beltrán
Bogotá - Colombia*

¹ karen.barraganzambrano.k@ieee.org

² oscar.r.co@ieee.org

³ j.foreroalzate.1994@ieee.org

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

⁴ Lys.M.L@ieee.org

Abstract— The goal of urban agriculture is mainly meet the food needs of a particular community. For a family of the indigenous community Wounnan Nonam displaced by violence, it has designed a self-sustaining greenhouse that can meet the food needs of its 10 members. It also sought the materials used contribute to the reduction of environmental pollution and the methodology to be developed so that its structure was resistant, can be replicated by any people who want to generate adequate space for growing plants at a very low cost and resistant over time to cope with various adverse weather conditions such as rain or blizzards for growing food.

The design of a greenhouse structure with PET bottles for the family of the Wounnan community mentioned above, was developed in an area of 3 square meters, which could be used as examples of good and best practices for growing vegetables and tubers small urban spaces, as it represents a friendly alternative environment for the use and adaptation of recycled plastic materials which when armed in any space with natural light and ventilation strategically, they can generate a greenhouse-like structure for growing different types of plants that meet the feeding of a given population. It was found that this structure is easy to develop and promotes the recycling of elements that are polluting the environment: The PET bottles.

Resumen— El objetivo de la agricultura urbana es satisfacer principalmente las necesidades alimentarias de una comunidad determinada así mismo optimizar el espacio que se tiene contemplado dentro de la vivienda. Para una familia de la comunidad indígena Wounnan Nonam desplazada por la violencia, se ha diseñado un invernadero auto sostenible que pueda satisfacer las necesidades alimenticias de sus 10 integrantes. Así mismo, se buscó que los materiales a utilizar contribuyeran a la disminución de contaminación ambiental y que la metodología a desarrollar para que su estructura fuera resistente, pueda ser replicada por cualquier población que desee generar un espacio adecuado para el cultivo de plantas a un muy bajo costo y resistente a través del tiempo para sobrellevar diferentes condiciones climáticas adversas como lluvias o vientos fuertes para el cultivo de alimentos.

Para la comunidad Wounnan mencionada anteriormente, fue desarrollado un invernadero en un espacio de 3 metros cuadrados, el cual va hacer utilizado como ejemplo de buenas y mejores prácticas para el cultivo de plantas aromáticas, verduras y tubérculos en espacios urbanos reducidos.

Este diseño, representa una alternativa amigable con el medio ambiente para el uso y adaptación de materiales plásticos reciclados que, al ser armados en cualquier espacio, brinda ventilación y luz natural de forma estratégica, ya que podrá generar una estructura y diseño óptimo para el cultivo de diferentes tipos de plantas que satisfagan la alimentación de una población determinada. Se comprobó que ésta estructura es fácil de desarrollar dado que la principal materia prima es el plástico, implicando la implementación del reciclaje de botellas de PET, desarrollando un proceso auto-sostenible para el funcionamiento que se lleva a cabo en el invernadero.

I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Bogotá, el número de desplazados por la violencia de comunidades indígenas, va en aumento. Debido a la crisis económica y social que esto conlleva, una de las formas de solución para mitigar las deficiencias en alimentación, son las diferentes metodologías en agricultura urbana adaptada a las necesidades alimentarias de la población [1].

Un ejemplo de esta situación, la vive una de 114 familias de la comunidad Wounnan Nonam que fue desplazada por la violencia desde el año 2002. [2]

El presente trabajo tiene como objetivo presentar el funcionamiento de una alternativa de estructura tipo invernadero para el cultivo de plantas que puedan satisfacer las necesidades alimentarias de las 10 personas que conforman la familia del gobernador de la comunidad Wounnan, adaptando en su interior la técnica de agricultura urbana más afín a espacios reducidos, maximizando el área a cultivar y

minimizando costos de fabricación y sostenibilidad a través del tiempo.

II. CONTEXTO HISTÓRICO SOCIAL

La Comunidad indígena Wounaan “desde hace más de Cinco siglos, vivió a orillas del río San Juan al límite de los departamentos de Chocó y Valle del Cauca” [3]. Debido al desplazamiento forzado por la guerrilla, más de 200 familias tuvieron que buscar un lugar donde vivir, inmigrando a la ciudad de Bogotá y refugiándose en los barrios más vulnerables de la capital.

En la figura 1. Se muestra un mapa temático, de la localización de origen de la comunidad Wounaan.

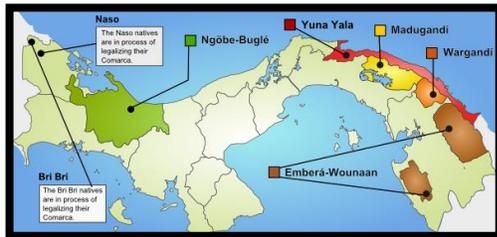


Fig. 1 Ubicación Geográfica Wounaan [4].

Para efectos de este trabajo, se escogió la familia del gobernador del cabildo Wounaan, conformada por 10 personas. (El gobernador, su esposa, 2 hijas, sus esposos y 4 nietos) inmigrantes en el año 2002 a la ciudad de Bogotá, en el barrio Paraíso de la localidad de Ciudad Bolívar.

Los riesgos en que se enfrenta dicha comunidad, es la pérdida de sus tradiciones ancestrales, creencias y cultura, ya que al encontrarse lejos de su territorio, y ubicados en una zona de Bogotá carente de individuos arbóreos y ecosistemas de su región nativa, están expuestos a un cambio cultural generando impacto negativo en sus costumbres de origen ancestral en agricultura y ámbito social.

III. MARCO TEORICO

A. Sistema hidropónico

Es el sistema general que permite el desarrollo de cultivos sin suelo agrícola y cumple con las siguientes características:

- Soporte y resistencia.
- Instalación de sustratos para la nutrición de las plántulas.
- Organización en la producción.
- Equilibrio rotativo entre los sustratos y agua

Una de las características de los sistemas hidropónicos, es la no utilización del sustrato que conocemos como tierra y la generación de plántulas, como hortalizas, aromáticas o especies dentro de un espacio reducido, que brinden orden en la siembra y cosecha y al mismo tiempo, manejando una mitigación en las

plagas (caracol, babosa y trozador) y vectores (ratón e insecto volátil) dentro del sistema [5].

1) Diseño de Cultivos Hidropónicos

Consiste en trasplantar las plántulas desde un semillero de germinación hasta unas bolsas plásticas alargadas (mangas) o tubos de PVC ubicados vertical u horizontalmente. [6]

Un ejemplo de optimización de espacios, es la implementación de cultivos hidropónicos en un espacio reducido de 60cm² en donde se pueden cultivar más de 60 plántulas de cualquier tipo. Con ésta técnica, el sustrato es el soporte donde las plántulas fijan sus raíces y son capaces de retener la solución nutritiva ayudando al crecimiento y desarrollo de las Hortalizas, aromáticas y tubérculos [7].

El sistema hidropónico horizontal, el cual se observa en la figura siguiente, evidencia el sistema de alimentación de las plántulas por medio de sustrato líquido, el cual se ejecuta sin necesidad de tierra, pero con un índice alto de nutrientes disueltos en agua.



Fig. 2. Cultivo de Acelgas en Sistema Hidropónico Horizontal [8]

El sistema hidropónico vertical es utilizado principalmente para la ejecución de siembras en plántulas de hortalizas, obteniendo porcentajes altos de calidad y cantidad para su producción. Estos sistemas son implementados en los cultivos en los que se desee evitar la propagación de plagas.



Fig. 3. Cultivo de Hortalizas en Sistema Hidropónico Vertical [9]

2) *Sustrato*

Es el compuesto que permite un óptimo desarrollo en las plantas al darle a la raíz la suficiente aireación, disponibilidad de agua y elementos esenciales como es el nitrógeno, potasio y nutrientes esenciales [10]; éstos permiten el crecimiento y desarrollo de la plántula, simbiosis y adaptación al sistema. La zona de influencia en la plántula se llama rhizobium. [11].

Los sustratos más utilizados son la cascarilla de arroz, la cual es un tejido vegetal constituido por Celulosa y Sílice y la lombriz californiana roja que proporciona fertilidad, fosforo, nitrógeno y azufre, desarrollando la mitigación en hongos y bacterias en el sistema [12].

La implementación de estos dos tipos de sustratos, proporcionan elementos que ayudan al buen rendimiento del sistema directo de absorción de nutrientes [13].

B. *Semillero de Germinación*

La producción de plántulas a partir de las semillas, es un método que se desarrolla para la sustentabilidad interna de los invernaderos. Según el estudio realizado en la universidad Earth 2001, el sustrato que mejor funciona en el proceso de germinación de las semillas de hortalizas, es el Bokashi; este sustrato tiene como finalidad la activación y la generación de microorganismos benéficos para el ambiente [6].

C. *Sistema de Siembra Directa*

Es la implicación de disponer directamente la siembra a realizar en el suelo y esto a su vez pretende realizar una serie de cambios adaptativos en la plántula que se encuentran en el suelo, pero de igual manera, se desarrolla un sistema de control biológico en las plagas y reducción de malezas [14]. La estructura de siembra directa implica un alto porcentaje de riesgo frente a los nutrientes que requieren las plántulas para su desarrollo, crecimiento y producción. A continuación se observa el proceso de crecimiento y desarrollo de una semilla en siembra directa.



Fig. 4. Crecimiento y Desarrollo de una semilla en Siembra Directa. [15]

D. *Sistema Solar Pasivo*

Es la generación de masas de aire caliente, formando un modelo de temperatura constante, acumulando en el día la temperatura de los rayos del sol y en la noche generando una temperatura propicia de un invernadero.

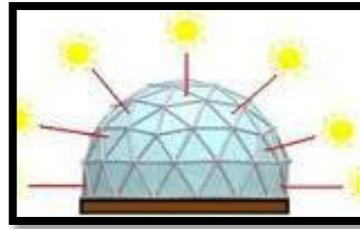


Fig. 5. Sistema Solar Pasivo [16]

IV. DESARROLLO DE ESTRUCTURA TIPO INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE PLANTAS

El diseño del invernadero para la familia del gobernador de la comunidad Wounaan mencionada anteriormente, cuenta con un espacio de 9 mts² x 1,85 mts de alto para su realización.

A. *Identificación de Condiciones Climatológicas para determinar el material a utilizar en la Estructura Tipo Invernadero*

Para obtener un material que cumpla con una resistencia y flexibilidad acordes al comportamiento climático de la localidad Ciudad Bolívar, se revisaron los estados actuales de dicho comportamiento obteniendo la siguiente información:

1) *Componente Geosférico de Ciudad Bolívar - Bogotá*

Este territorio presenta alturas que van desde 2400 m.s.n.m. hasta los 3100 m.s.n.m; con temperatura promedio de 14°C, clasificada como piso térmico frío y ambiente seco y soleado la mayor parte del año.

2) *Componente atmosférico de Ciudad Bolívar - Bogotá*

La humedad relativa presenta sus mayores valores (74%-77%) en los meses lluviosos, igualmente, durante los meses secos el brillo solar es mayor, aunque en las mañanas es cuando se registran más horas de sol y la humedad relativa es menor. En cuanto a los vientos, se registran unas velocidades promedio de 1.2 m/s, la dirección depende de la topografía y de la temporada [17].

Los niveles de humedad relativa y condiciones de brillo solar son parámetros meteorológicos que nos ayudan a persuadir la manera de control y estabilidad que tiene el plástico. Estos datos, nos dan un panorama general del comportamiento y funcionalidad tanto interna como externa que debe tener el invernadero (dinámica y flexibilidad frente a estas condiciones) [18].

Uno de los materiales que es afín y resistente con los componentes geosféricos y atmosféricos de Ciudad Bolívar, es el Tereftalato de polietileno. La Tabla I presentada a continuación, evidencia las características principales de las botellas PET, las cuales poseen un alto porcentaje de resistencia y durabilidad frente a las condiciones climáticas que se presentan en Ciudad Bolívar.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LAS BOTELLAS PET [19]

Características técnicas físico y químicas de las botellas de PET	
Características	Unidades
La Viscosidad Intrínseca (V.I.)	0.8 ± 0.02 dl/g
Peso	24,000 g/mol
Degradación hidrolítica	40 ppm
Acetaldehído (CH ₃ CHO)	< 2ppm
Cristalinidad	85°C-250°C
Hidrólisis	165°C y 170°C.
Densidad	0.85g/cm ³
Permeabilidad al vapor de agua	0.9

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se pudo determinar que el uso de botellas PET para fabricar estructuras tipo invernadero, es viable.

B. Diseño y Ejecución de la Estructura Tipo Invernadero

Al contar con un área de tan sólo 9 m² se planteó la construcción de un invernadero que permitiera desarrollar cultivos verticales y tuviera una estructura económica pero resistente a los fuertes vientos de la zona.

Para esto se decidió usar un arco colaborativo hecho a partir de botellas enrolladas (petambú). El arco colaborativo o también conocido como puente de Leonardo Da Vinci, es un sistema estructural donde se organizan elementos lineales relacionados disminuyendo la carga por medio de gravedad y fricción. Es un diseño paramétrico con tecnología y técnica simple, donde se recupera material desechado y se utiliza para las necesidades de la comunidad.

El invernadero consta de dos partes:

La estructura: El arco colaborativo se hace a partir de las botellas de 3, 2.5, 2 y 1.5 litros que son cortadas, lavadas, enrolladas y ensambladas en hileras que se unen con tornillos autorroscables para formar el arco.

El recubrimiento: Se hace a partir de botellas de 600 ml, las cuales se cortan en la base y se introducen dentro de otra botella igual hasta hacer hileras de 7 a 9 botellas que se unen a la estructura por medio de tapas atornilladas.

Dentro del diseño a presentar en la comunidad, este invernadero cuenta internamente con la capacidad de brindar a las plantas un ambiente propicio y óptimo, debido a que su estructura es de forma cóncava lo que permite que el aire que circula en el lugar ingrese con suavidad y genere una facilidad de evapotranspiración para los cultivos. Los elementos internos del invernadero como las camas de siembra directa y semilleros también serán construidos a partir de botellas PET.

Teniendo como referencia la velocidad de los vientos, se diseñó en el techo del invernadero, un sistema rompe vientos, este con geometría semiesférica como se observa en la Fig. 6. con el fin de redirigirlos hacia la parte superior del mismo, esto permite la circulación de masas de aire y mantener una temperatura constante.



Fig. 6. Implementación Estructural Superior del Invernadero

En la Fig 7. Refleja la semiesfera de este invernadero, que se construye con botellas de 600ml en las cuales se incorporan desde la boquilla de cada botella, ubicándolas desde la base de la semiesfera hasta la parte final de la misma, cada cuadrilla del techo, cuenta con hileras de 6 filas y cada una con 8 botellas.



Fig. 7. Implementación Estructural del Invernadero con Botellas PET

C. Sistema pasivo

En la estructura Fig. 8. El invernadero tiende acumular las masas de aire caliente y frío hasta llegar a un equilibrio térmico de la zona, lo que genera que este sistema pasivo conlleve a la permanencia de temperatura. A su vez este sistema permite que las plantas tengan una mayor adaptabilidad y por ende el aumento de optimización frente a las especies allí sembradas.



Fig. 8. Vista Lateral de la Estructura

En el diseño Fig. 8. La estructura armónica estabiliza condiciones bióticas generando, equilibrio termodinámico e hídrico.

El ingreso de la luz solar permite una inercia térmica para adaptación de las plántulas en el invernadero, aportando condiciones apropiadas climáticas y biodinámica interna entre las especies [20]. Se considera una excelente alternativa para el aprovechamiento del residuo y la generación de una estructura con bajos índices económicos.

D. Funcionamiento General Interno

Características internas del funcionamiento del invernadero:

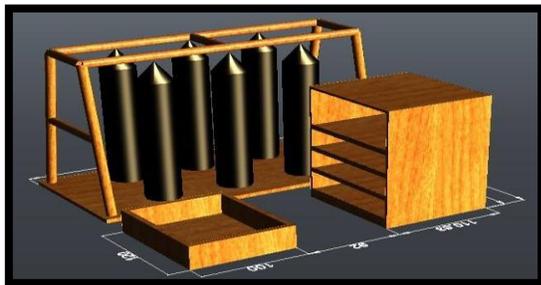


Fig. 9. Sistema Interno del Invernadero

1) Sistema hidropónico vertical.

La instalación se desarrolla mediante 6 mangas de plástico negro calibre 6" con diámetro de 60 cm² y altura de 1,80m. Como soporte, cuenta con una estructura elaborada en madera de bambú y adición de sustrato, humus, bokashi y manquera de riego con orificios.

2) Sistema hidropónico horizontal.

Se ubica en la parte inferior del cultivo vertical 2 tubos de PVC 2" 3m y 2 tubos PVC 2" 1,50 m, cada uno cuenta con 4 codos de 2", como fuente de nutriente, se tiene una recirculación de sustrato directo del sistema vertical, por medio de la precipitación, ya que genera goteo directo a los tubos PVC.

Como nutriente directo para las dos técnicas mencionadas anteriormente, tomaremos la cascarilla de arroz, la cual cumple las siguientes funciones con su implementación.

- Rompe la estructura de suelo
- Equilibra el pH del suelo
- Mitigación de plagas presentes en los cultivos
- Conserva la humedad

3) Sistema de siembra directa.

El cajón desarrollado elaborado en botellas de PET, está construido con las siguientes dimensiones, 1m de ancho por 1,50m de largo para un total de 1,50m², permitiendo así la satisfacción de los cultivos de tubérculos allí presentes y el sistema de plántulas aromáticas denominado sistema biológico. La implementación de este sistema se genera para las especies que no son aptas en cultivos hidropónicos.

El sistema es alimentado por medio de agua lluvia recolectada. Los materiales a utilizar son: mangueras, válvulas,

empaques, canaletas y tanque de 500L. El diseño del sistema de riego, consta de una manguera principal donde se desprenden 6 ramificaciones, incrustadas dentro del cultivo hidropónico vertical (Fig. 8.). Cada ramificación tendrá orificios que cumplen la función de abastecer las plantas, al igual que cada una tiene un sistema de válvulas que nos permite regular la entrada y salida de agua.

Como se muestra en la (Fig. 9.), el sistema de riego llevara de manera vertical el agua que luego será depositada en el sistema horizontal dentro del mismo invernadero, recirculando los sustratos y nutrientes que la plántula necesita.

4) Semillero de Germinación

Se realiza 5 cajones de semillero de aproximadamente 150 capacidades de siembra, cada cajón tendrá un sustrato diferente, esto permite, verificar el más factible y por ende, el rendimiento que genera en la semilla, este método permite una circulación en los sistemas de siembra y cosecha del invernadero.

5) Sistema de Goteo

El sistema de goteo, se llevara a cabo por medio de sustratos nutritivos enriquecidos por elementos netamente biológicos, en este caso se implementa en el cultivo hidropónico vertical, quien será el encargado de proporcionar riego de nutriente al cultivo horizontal hidropónico por medio de la precipitación evitando así la saturación para el cultivo vertical, a este comportamiento se le denomina sistema de recirculación o cerrado. En la Fig. 10. se muestra un ejemplo de riego en un cultivo horizontal, evidenciando el ingreso de agua y nutrientes por cada fase de cultivo.

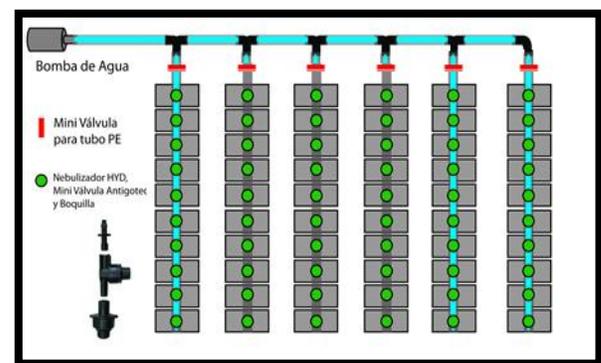


Fig. 10. Sistema de Riego por Goteo

La implementación de sustratos naturales sin químicos en los cultivos, tiene como resultado una producción limpia, en este caso a la comunidad brindará alimentos orgánicos que ofrecen la recuperación y mitigación de desnutrición y enfermedades alimentarias.

V. CONCLUSIONES

Se determinó los parámetros dinámicos que cumple el plástico de las botellas de PET, por medio de manipulación y

elaboración de petambús, lo cual generó una mitigación de impacto ambiental, con respecto a la gran cantidad de botellas de PET, que se generan en la actualidad. Se establece la importancia que cumple la botella de PET, como materia prima para la ejecución primordial de base y estructura del invernadero, por otro lado como la agricultura urbana brinda la posibilidad de recuperación ancestral dentro de una ciudad metrópolis como es Bogotá y a su vez cubriendo la demanda de alimento que requieren los Wounaan.

Las técnicas de agricultura urbana, que en este caso realizamos hidroponía de modo vertical y horizontal, nos arrojan la estrategia convencional de siembra y generación de hortalizas en unas condiciones de calidad y cantidad apropiadas a comparación de las que se esperaban con respecto a la ubicación y modo de ejecución.

Se seleccionó los sustratos cascarilla de arroz, bokashi y humus de lombriz californiana, como principales fuetes directos de nutrición para las plántulas.

La estructura del invernadero cuenta con distribuciones dinámicas, lo que permite, estabilidad y resistencia en medio de las condiciones climáticas que se ve enfrentada la estructura, teniendo en cuenta lo anterior mencionado, este invernadero tiene estabilidad frente a la lluvia, intensidad lumínica y vientos, adoptando un cambio de temperatura acorde a la necesaria.

IV. RECONOCIMIENTOS

Este proyecto ha sido posible gracias al apoyo y asesoría de la profesora Mónica Echavarría y la ingeniera Jenny Alarcón., también a la Universidad Manuela Beltrán que nos brindó las herramientas para desarrollar este trabajo. Al gobernador de la comunidad Wounaan Cercelino Piraza y la colaboración técnica de Sebastian Bedoya.

REFERENCIAS

- [1] M. Alonso, «Historia de los huertos urbanos.» [En línea]. Available: http://oa.upm.es/12201/1/INVE_MEM_2011_96634.pdf.
- [2] C. Piraza, Interviewee, *Historia del desplazamiento de la Comunidad Wounaan*. [Entrevista]. 01 Marzo 2015.
- [3] «Ministerio de Cultura.» Wounnan, [En línea]. Available: <http://www.mincultura.gov.co/areas/poblaciones/noticias/Documentos/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20pueblo%20Wounaan.pdf>.
- [4] «Tours nativa.» [En línea]. Available: <http://www.nativatours.com/es/the-native-indians-2/emberawounaan/>.
- [5] J. Izquierdo, «CEIBAL.» Diciembre 2003. [En línea]. Available: http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/cs_social/es/fao/hidroponia.pdf.
- [6] F. Gomez, «UNIVERSIDAD EARTH.» diciembre 2001. [En línea]. Available: http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/bokashi_sustrato_para_semilleros_cr.pdf. [Último acceso: enero 2016].
- [7] F. F. Junior, «Hidroponia vertical para la producción de fresas.» 2007. [En línea]. Available: <http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/hidroponia/redhidro/boletin-36/hidroponia-vertical.pdf>. [Último acceso: noviembre 2015].
- [8] «cultivos hidropónicos.» [En línea]. Available: <http://www.scoop.it/t/cultivos-hidroponicos/?tag=hidropon%C3%ADa>.
- [9] S. Perez, «CULTIVOS HIDROPONICOS.» [En línea]. Available: <http://www.scoop.it/t/cultivos-hidroponicos>.
- [10] «secretaría de agricultura.» Hidroponia rustica , [En línea]. Available: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Hidroponia%20R%C3%BAstica.pdf>.
- [11] «BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO.» [En línea]. Available: <http://www.bosquesmediterraneos.com/wp-content/documentos-pdf/bacterias-fijadoras-nitrogeno.pdf>.
- [12] J. Chicaiza, «Producción de lombriz roja californiana y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo.» [En línea]. Available: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/696/1/T2383.pdf>.
- [13] A. VALVERDE, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA.» diciembre 2007. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Navegador/Desktop/Dialnet-AnalisisComparativoDeLasCaracteristicasFisicoquimi-4784298.pdf>. [Último acceso: diciembre 2015].
- [14] E. C., «SEDICI.» 1997. [En línea]. Available: <http://163.10.34.134/handle/10915/15615>. [Último acceso: enero 2016].
- [15] «dreamtime.» [En línea]. Available: <http://gr.dreamstime.com/%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BA-%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CF%86%CF%85%CF%84%CF%8C-%CE%B2%CE%BB%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82-image13286320>.
- [16] «camino a la autosuficiencia.» 2011. [En línea]. Available: <http://uncaminoalaautosuficiencia.blogspot.com.co/2011/07/inverna-dero-geodesico-con-sistema-solar.html>.
- [17] R. P. y. G. L. M. L.E. Juanicó, «DESARROLLO DE INVERNADEROS CON SISTEMA SUSTENTABLE DE CONFORT TÉRMICO.» *ASADES*, vol. 15, pp. 1,2, 2011.
- [18] O. M. Flores, «universidad Central.» agosto 2007. [En línea]. [Último acceso: enero 2016].
- [19] INCAP, «ecotecnologías para la seguridad alimentaria y nutricional.» 2006. [En línea]. Available: http://www.incap.int/portaleducativo/index.php/es/recursos/reservorio-san/doc_view/425-ficha-tecnologica-6-sistema-nft. [Último acceso: enero 2016].
- [20] D. L., «Manejo de restricciones físicas del suelo en sistema de siembra directa.» [En línea]. Available: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219230807115458.pdf>. [Último acceso: noviembre 2015].
- [21] M. Fandiño, «Altura sobre el nivel del mar de Bogotá.» 24 septiembre 2013. [En línea]. Available: <http://dondeviajar.republica.com/ciudades/altura-sobre-el-nivel-del-mar-de-bogota.html>.
- [22] Instituto de desarrollo urbano, «Instituto de desarrollo urbano (IDU).» [En línea]. Available: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/33746/8/60019715-04.pdf>. [Último acceso: 13 Febrero 2016].