

**TECHOS VERDES COMO ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN DE ISLAS DE CALOR EN LA CIUDAD DE SAN CARLOS - ESTADO COJEDES**

GREEN ROOFS AS AN ALTERNATIVE FOR HEAT ISLAND MITIGATION IN THE CITY OF SAN CARLOS - COJEDES STATE

Luis Andrés, Gómez Moreno

Docente UNELLEZ/VIPI. luisandresgomez@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0000-0038-9392>**Autor de correspondencia:** luisandresgomez@gmail.com**Recibido:** 17/05/2025 **Admitido:** 29/07/2025**RESUMEN**

El presente Artículo es un avance del trabajo de Tesis Doctoral titulado Modelo sustentable de techos verdes usando en el sustrato concha de Manihot Esculenta en edificaciones de San Carlos - Estado Cojedes. De esta manera se puede comentar que el uso de techos verdes como estrategia de mitigación de islas de calor en la ciudad de San Carlos, viene a representar una alternativa viable y sustentable. La metodología se suscribe dentro del paradigma cuantitativo con un tipo de investigación de campo y con un nivel exploratorio, así pues se procede a verificar la existencia de estos techos verdes en la ciudad encontrando que no existen edificaciones con este techo, se procederá a revisar la bibliografía especializada para lograr la adaptación de un techo verde de tipo extensivo, usando en una de sus capas como lo es el sustrato, la incorporación de la concha de Manihot Esculenta, con la finalidad de mejorar la retención de humedad y nutrientes dentro del mismo, lo que repercutirá en la permanencia del techo verde durante la época de verano. Finalmente se propondrá la instalación de los techos diseñados en edificaciones que tengan una densidad poblacional en sus alrededores donde se han presentado las islas de calor, con la finalidad de medir el impacto sobre la temperatura de los techos verdes instalados.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, Techos Verdes, Islas de Calor.**ABSTRACT**

This article presents a preliminary report of the doctoral thesis project titled “*Sustainable model of green roofs using Manihot Esculenta shell as a substrate component in buildings located in San Carlos, Cojedes State.*” In this context, green roofs are proposed as a viable and sustainable alternative to mitigate the heat island effect in the city. The study follows a quantitative approach, with a field-based design and exploratory scope. The initial phase of the research confirmed the absence of green roof systems in local buildings. Consequently, the project includes a review of specialized literature to support the adaptation of an extensive green roof model, incorporating *Manihot Esculenta* shell into the substrate layer to enhance moisture and nutrient retention, thus improving performance during dry seasons. Finally, the implementation of the designed roofs is proposed in densely populated areas where heat islands have been identified, with the aim of assessing their impact on ambient temperature.

**Keywords:** sustainability, green roofs, heat islands.

## INTRODUCCIÓN

El problema energético y el deterioro ambiental a nivel mundial ha llevado al ser humano a desarrollar la arquitectura y la construcción mediante estrategias aplicadas a la mejora de proyectos que permitan aprovechar los recursos naturales sin perjudicar el ecosistema que los rodea. La solución constructiva de aplicar cubiertas verdes en las viviendas ofrece varios beneficios que aportan a resolver problemas ambientales los cuales afectan directamente al planeta, y son causados principalmente por la falta de vegetación en las áreas urbanas y por el continuo crecimiento acelerado de la población. En Venezuela, país al cual se pretende desarrollar este tema y específicamente en la Ciudad de San Carlos del Estado Cojedes, se han realizado varias investigaciones sobre la aparición en épocas de verano del fenómeno conocido como Islas de Calor que según Flores, P. 2021 indica “Los Techos Verdes presentan una serie de ventajas que los convierten en una alternativa de construcción para el mejoramiento del clima de las Ciudades, además optimizan el aislamiento térmico y acústico” Del mismo modo López, Camacho, Martínez y Marcelino (2020) citado por Flores indican que, “esta alternativa de construcción juega un papel importante por los múltiples beneficios ambientales, económicos y sociales, porque pueden reducir las escorrentías y el efecto de isla de calor urbana, así como incrementar la vida útil

de los tejados y mejorar la salud física y mental de las personas, no se ha podido verificar el alcance positivo para la ciudad, y hasta dónde es posible aplicar este tipo de construcción amigable con el medioambiente. En las zonas de climas fríos, "calientan", puesto que almacenan el calor de los ambientes interiores y en los climas cálidos "enfrian", ya que mantienen aislados los espacios interiores de las altas temperaturas del exterior.

En estos techos, la vegetación junto con la tierra modera extraordinariamente las variaciones de temperatura en los ambientes de la vivienda. De un modo natural el calor acumulado no sólo se almacena, sino que también se absorbe. Debido a la concentración de edificios y tránsito vehicular, la vida en la ciudad de San Carlos se ha vuelto insana. Los autos y la calefacción consumen el escaso oxígeno de hoy día y producen sustancias nocivas en abundancia. Enormes superficies de hormigón y asfalto llevan a un sobrecalentamiento de la atmósfera y dan lugar a que la suciedad y partículas de sustancias nocivas que se depositan en el suelo, suban en remolino por el calor generado y se desparramen sobre la ciudad entera.

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Objetivo General

Proponer modelo sustentable de techos verdes como alternativa de mitigación de islas de calor en la Ciudad de San Carlos del Estado Cojedes.

**Objetivos Específicos:**

- 1.) Caracterizar los diferentes diseños de Techos Verdes que existen en la Ciudad de San Carlos del Estado Cojedes
- 2.) Diseñar las características necesarias del Techo Verde a ser usado en las edificaciones de la Ciudad de San Carlos del Estado Cojedes
- 3.) Proponer la aplicación del modelo de techo verde en las edificaciones de la Ciudad de San Carlos del Estado Cojedes

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El fenómeno “Isla de calor”, que es producido como resultado del aumento del flujo de calor sensible desde la superficie de la tierra a la atmósfera en las ciudades y su entorno próximo, especialmente durante el periodo nocturno. Este fenómeno se ve continuamente incrementado por la sustitución masiva de áreas de vegetación por edificios y superficies impermeables (Villanueva y Ranfla, 2012; Kóhlery Andrew, 2013), que absorben el calor durante el día y lo devuelven en forma de radiación infrarroja durante la noche sin permitir el enfriamiento nocturno que regula térmicamente el ecosistema urbano (Córdova, 2011). También este efecto impacta severamente no solo el confort térmico de los habitantes de las ciudades, sino además en la demanda de electricidad para refrigeración en los edificios que se ve incrementada. (Robert, 2012).

En la ciudad de San Carlos se viene presentando altas temperaturas durante todo el año en la Ciudad y aumento progresivo de la misma durante los últimos años entre 3 y 6 °C. según el trabajo titulado “Estimación de la temperatura superficial en San Carlos- Estado Cojedes, Venezuela empleando sensores remotos” (Hernández E. 2016), donde se determino la variación mencionada de la temperatura en los meses de verano, es por ello que se hace necesario buscar una alternativa ecológicamente sustentable para mitigar este fenómeno que se viene presentando de manera continuada en la ciudad.

**TECHO VERDE**

Los techos verdes son conocidos hace siglos, tanto en los climas fríos de Islandia, Escandinavia, USA y Canadá, como en los climas cálidos de Tanzania, En una técnica similar fueron erigidas hace aproximadamente 100 años las casas de terrones de césped de las poblaciones del norte de USA y Canadá. El sistema constructivo empleado probablemente proceda de Europa del Norte. Los gruesos muros entre 60 y 90 cm de ancho eran de terrones de césped de 10 cm de espesor que se colocaban trabados como en una pared de piedras y con la capa de césped hacia abajo. La construcción del techo consistía en tirantería, estructura de ramas, pasto de pradera y 2 capas de terrones de césped. Los techos verdes además de influir en el mejoramiento del clima de la ciudad, también

optimizan la aislación térmica, el almacenamiento de calor del edificio, y su aislación acústica. Además, son considerados, a largo plazo, más económicos que las cubiertas convencionales.

### **PRODUCCIÓN DE OXÍGENO, CONSUMO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

La vegetación de los techos verdes toma, como todas las plantas, CO<sub>2</sub> del aire y libera oxígeno. Esto sucede en el proceso de fotosíntesis, en el que 6 moléculas de CO<sub>2</sub> y 6 moléculas de H<sub>2</sub>O, mediante un consumo de energía de 2,83 kJ, producen 1 molécula de C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (glucosa) y 6 moléculas de O<sub>2</sub>. En el proceso de la respiración se produce CO<sub>2</sub> y se consume O<sub>2</sub>. Sin embargo, solamente de 1/5 a 1/3 de las sustancias ganadas por la fotosíntesis son consumidas nuevamente. Mientras las hojas verdes sobre el techo aumenten, se generará oxígeno y se consumirá CO<sub>2</sub>. Si existe un equilibrio entre el crecimiento y muerte de partes de las plantas, siempre existiría la ventaja de que se extraiga CO<sub>2</sub> del aire y quede almacenado en ellas.

### **REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA**

Es por medio de la evaporación de agua, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua, que la planta extrae el calor de su ambiente. Este efecto de enfriamiento, que se hace perceptible fundamentalmente en los días cálidos de verano, puede demandarle el 90% de la energía solar consumida.

### **EFFECTOS ESTÉTICOS Y SICOLÓGICOS**

Es distinto el efecto que produce un techo de grava o con bitumen negro-grisáceo, que el de un techo de hierbas silvestres que, con su belleza natural, sienta bien sobre el estado de ánimo y el espíritu humano. La vista del verde previene los estados depresivos y aumenta el rendimiento. Una pradera de pasto silvestre sobre el techo oscila con el viento y los movimientos ondulantes percibidos ópticamente actúan tranquilizando a las personas estresadas y estimulando a las cansadas.

Un techo verde vive y anima a aquel que lo mira. No sólo la época del año modifica la apariencia formal del techo verde, sino que también existen variaciones a causa de los diversos agentes atmosféricos y a través del transporte de semillas por pájaros y viento; llegan nuevas hierbas y pastos silvestres sobre el techo, y con las lluvias y sequías desaparecen algunas plantas nuevamente. Queda así, una comunidad vegetal que soporta lluvias, sequías y viento, y que, por tanto, de acuerdo a la época del año, tiene diferentes colores y formas y además incluso en verano sigue verde.

### **TECHOS VERDES EXTENSIVOS**

Para el presente trabajo se estudiaron los techos verdes extensivos. Más adelante en la metodología se presentará en detalle esta tecnología y algunas formas de monitoreo de la calidad de escurritía y diseño de sustratos más eficientes, como la incorporación de la concha

de *Manihot Esculenta* para aumentar la capacidad de retención de humedad del mismo.

### **PLANTAS**

En general los techos verdes extensivos no requieren riego, por lo que la elección de las plantas indicadas puede significar el éxito o el fracaso del sistema (Lucket, 2009). Las plantas más comúnmente utilizadas para este tipo de techos verdes son especies de *Sedum*, capaces de soportar grandes sequías, así como niveles altos de estrés hídrico. Son en general plantas muy eficientes y de fácil adaptación (Olewski, 2011). Se utilizan arreglos en los que se mezclan varias especies de *Sedum* para generar resistencias a hongos, insectos u otras plagas y así lograr una mayor vida útil.

### **SUSTRATO**

En la mezcla del sustrato se deben tener en cuenta parámetros como profundidad, tamaño de partículas, forma, composición química y pH adecuados ya que es quizá la componente más importante de un techo verde (Schunck E. A., 2003). En general se utilizan diferentes fuentes de materia orgánica como tierra negra, turba, compost, cascarilla de arroz y escoria. Materiales inorgánicos como arena sílice, zeolita, caolín, piedra pómez, carbón activado, carbón vegetal y 14 piedras (Schunck E. A., 2003). La composición del sustrato finalmente va a influir en el pH, la calidad y la cantidad de agua que escurre por área de techo verde

construido (Butler, 2011)., en nuestro caso se introducirá en la mezcla del sustrato la concha de *Manihot Esculenta*, la cual ha demostrado ser una materia orgánica capaz de retener ocluida dentro de su estructura la humedad por tiempo prolongado.

### **GEO TEXTIL**

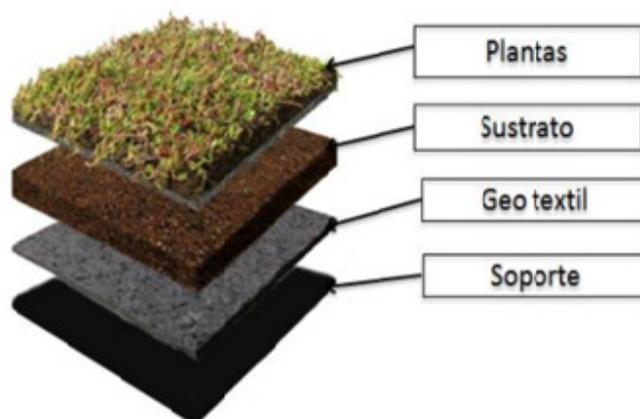
Se utiliza comúnmente una capa de geo sintético no tejido para retener solidos suspendidos y las raíces de las plantas, la cual también sirve como barrera drenante. La utilización de la capa geo textil es importante para que el techo verde cumpla sus funciones (Schunck E. A., 2003).

### **DRENAJE**

En general se utilizan capas drenantes que cumplen funciones de filtrar y de generar un flujo más eficiente del agua a través de membranas o diseños con pendiente que permiten un flujo más adecuado del agua que escurre de un techo verde. Un techo verde no debería tener más de 20° de inclinación (Schunck E. A., 2003), de lo contrario habría que diseñar un sistema de soporte para poder montar un techo más inclinado.

### **COMPONENTES PRINCIPALES DE UN TECHO VERDE EXTENSIVO**

A continuación, se puede observar en la Figura 1 las componentes más importantes de un techo verde sobre las cuales se basará más adelante para la optimización del sustrato y la calidad del agua de esorrentía.



**Figura N° 1:** Componentes Principales Techo Verde Extensivo (Murillo, 2013)

### VENTAJAS

Los niveles de pH en las cubiertas vegetadas en general neutralizan las cargas de lluvia acida, los techos verdes extensivos no requieren irrigación ni cuidado constante entre otras características que permiten situar a este tipo de SUD como uno de los más llamativos y con mayor fuerza de crecimiento a nivel global (Luckett, 2009).

### METODOLOGÍA

#### ADSCRIPCIÓN PARADIGMÁTICA

El enfoque de esta investigación será el cuantitativo que según Sampieri 2014, dice: "...representa, un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio". Por lo tanto, el tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar, orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios. (Palella y Martins, 2006), de esta manera esta investigación estará fundamentada en el tipo investigación de campo: consiste en la

recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos sin manipular o controlar variables. Estudia los fenómenos en su ambiente natural, Ahora bien, el nivel de la investigación será Exploratorio, es el inicio de cualquier proceso científico. Se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco examinado, es decir cuando no hay suficientes estudios previos y es difícil formular hipótesis.

De esta manera se realizará, primeramente, la caracterización de los techos verdes existentes en la ciudad de San Carlos, luego se diseñará un techo verde usando en su sustrato la concha de *Manihot Esculenta* con la finalidad de lograr un almacenamiento mas eficiente de la humedad del sustrato, Loayza (2006). para finalmente proponer su aplicación en las diferentes edificaciones de la ciudad de San Carlos del Estado Cojedes.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como primer hallazgo, se tiene que en la ciudad de San Carlos no existen edificaciones con Techos Verdes, lo que hace cuesta arriba la mitigación de las islas de calor que se vienen presentando de manera creciente en la ciudad, Así pues, es necesario el diseño e implementación de esta técnica ambiental para evaluar su efecto en la mitigación de las islas de calor en la ciudad de San Carlos.

Ahora bien, para el diseño de un techo verde se procederá a realizar un análisis de la bibliografía especializada sobre el tema, con la finalidad de generar un modelo aplicable al clima preponderante de la ciudad de San Carlos del Estado Cojedes, el cual debe cumplir con los parámetros de medición del caudal de escorrentía de estos techos verdes como lo son:

**Calidad del Agua:** Para obtener una mejor información del comportamiento de los techos verdes en general, se harán análisis de calidad del agua de escorrentía de los sistemas vegetados. Análisis de pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbiedad, nutrientes, coliformes y metales que sirven para comparar con la calidad de otros techos comúnmente utilizados o para cuantificar los impactos que genera la utilización de cada sustrato, plantas, pendiente y otros techos. Así también se realizarán estudios pilotos con diferentes proporciones de la concha de Manihot Esculenta con la finalidad de obtener la mezcla ideal a usar en el sustrato del techo verde a diseñar, de esta manera se propone las siguientes mezclas para el sustrato:

**Tabla N.º 1: Propuesta de Diseños de Sustratos para Techo Verde.**

Ensayo	Tierra Negra	Cascarilla de Arroz	Compost	Arena Sílice	Piedra picada	Piedra Pómez	Zeolita	Carbón Activado	Manihot Esculenta
1	40%	20%	-----	-----	-----	18%	10%	8%	6%
2	40%	15%	-----	5%	-----	15%	8%	10%	9%
3	40%	10%	5%	5%	5%	10%	5%	10%	12%
4	40%	10%	-----	10%	-----	15%	2%	10%	15%
5	40%	20%	-----	-----	-----	15%	-----	5%	20%

**Fuente: Gómez 2025**

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias (2006). Proyectos de investigación, introducción a la metodología científica. Sexta edición, editorial Episteme. Caracas, Venezuela.

Butler, C. (11 de 11 de 2011). Sedum Cools Soil and can Improve Neighboring Plant Performance During Water Deficit on a Green Roof. *Ecological Engineering*, 37(11), 1796-1803.

- Córdova, K. (2011). Heat Island Impacts, and Urban Heat Islands in the Environment and Human Health. Comparative Seasonal Analysis: Caracas, October 2009, March 2010. *Terra nueva etapa*, 42(27), 95-122.
- Hernández E. (2016), Estimación de la temperatura superficial en San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela empleando sensores remotos” Unellez, Venezuela
- Jorge E. Loayza (2006). “Rehidratacion de cascara de yuca, Prueba de laboratorio”. [Blog en línea] Disponible en: <https://www.engormix.com/mbr-164844/jorge-egusquiza-loayza>. [Consulta: Abril 24, 2018].
- Murillo, G. P. (2013). Implementación de un modelo físico para el análisis de retención de agua lluvia en techos verdes modulares. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Santa Palella Stracuzzi, Feliberto Martins Pestana. “Metodología de la Investigación Cuantitativa”, edit. Fedupel. 2da edición, Caracas, Venezuela, 2006
- Trujillo, F. (2013). Optimizacion de Sustrato para Techos Verdes en la ciudad de Bogotá. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Lucket, K. (2009). Green Roof Construction and Mateinance. New York : McGraw-Hill.
- Robert, A. (2012). Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer.
- Schunck, E. A. (2003). Roof Construction Manual. Birkhäuser: Publishers for Architecture
- Villanueva, S. Y Ranfla, A. (2012). Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de Mitigación en Ciudades de Clima árido Extremo. Universidad Autónoma de Baja California, 24(1), 15-24.