

### Cómo citar este artículo

Dovale, S. (2018).

Cooltiva, innovación sostenible en las tecnologías para la climatización.

*Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (53), 18-34.

## | Cooltiva, innovación sostenible en las tecnologías para la climatización<sup>1</sup>

Cooltiva, sustainable innovation in air conditioning technologies

Syndy Dovale Farelo

Universidad de los Andes

syndydovale@gmail.com - sj.dovale@uniandes.edu.co

**Recibido:** 27 de julio de 2017

**Evaluated:** 03 de agosto de 2017

**Aprobado:** 12 de abril de 2018

## | Resumen

La temperatura cada vez más alta, debido al cambio climático, es un problema en algunas áreas del mundo, como el Caribe colombiano, donde el confort térmico es una necesidad para sus habitantes; estos, en aras de adaptar los hogares a dichas condiciones extremas, tienden a hacer uso de aires acondicionados (AC), la alternativa comercialmente dominante. Equipos que además de ser costosos e ineficientes, dependen de energía eléctrica, en su mayoría no renovable, lo que significa emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), durante su uso; calentando el planeta aún más en la búsqueda de soluciones para refrescarse. Por su parte, en esta investigación, las metodologías de biomímesis y diseño centrado en el usuario, han permitido iniciar el desarrollo de una nueva tecnología: Cooltiva; un sistema diseñado para la transformación social y la calidad de vida, que funciona bajo los principios de la naturaleza y responde a las demandas sociales de una manera sostenible.

**Palabras clave:** cambio climático, climatización, estrategias naturales, innovación social, sostenibilidad.

## | Abstract

The increasingly high temperature due to climate change is a problem in some areas of the world such as the Colombian Caribbean, where thermal comfort is a necessity for its inhabitants. Who, to adapt homes to these extreme conditions, tend to make use of air conditioners (AC), the commercially dominant alternative. These equipment, besides being costly and inefficient, depend on electrical energy, mostly non-renewable energy, which means greenhouse gases (GHG) emissions during its use. Warming the planet even more in the quest to cool down. In this research two design methodologies: biomimicry and user-centered design, have allowed to start the development of a new technology. Cooltiva, a system designed for social transformation and quality of life works under the principles of nature and responds to social demands in a sustainable manner.

**Keywords:** climate change, climate control, natural strategies, social innovation, sustainability

<sup>1</sup> Este proyecto se presentó en el V Simposio de Innovación Social y Tecnológica, realizado durante el año 2017 por la Red de Innovación Social desde la Educación Superior-RISES.

## | Introducción

El aumento en la temperatura de ciudades colombianas, como Barranquilla, ha sido consecuencia de factores relacionados con: el efecto isla de calor, el déficit de árboles en la ciudad y los cambios climáticos asociados al calentamiento global. Esto ha afectado la calidad de vida de sus habitantes, y como respuesta de adaptación a estos cambios se ha incrementado la dependencia a sistemas de climatización eléctricos, tales como equipos de aire acondicionado y ventiladores.

Los datos relacionados a la frecuencia de uso de aires acondicionados, ventiladores y otros electrodomésticos esenciales en el hogar, encontrados en los estudios realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME-: “Determinación de consumos específicos para equipos domésticos de energía eléctrica y gas” (2004), y “Guía para el consumo consciente, racional y eficiente de la energía en el sector residencial de zonas tropicales colombianas” (2014), permiten hacer una simulación del consumo energético del hogar de una pequeña familia con dispositivos eléctricos convencionales y frecuencias de uso estándar. El resultado de este ejercicio deja ver y entender el peso que tienen los sistemas de climatización en el consumo eléctrico en cada unidad residencial. Aproximadamente, el 78 % de la energía consumida está dedicada con exclusividad a la climatización: el 57,8 % es consumida por equipos de aire acondicionado; y el 20,6 % por ventiladores.

Así las cosas, y teniendo en cuenta la procedencia de la energía generada en la región Caribe colombiana, estas prácticas son insostenibles para el medio ambiente y la sociedad. En el “Informe de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano”, publicado por UPME en enero de 2015, se observan las capacidades instaladas para la generación de energía en la región Caribe, propiamente en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Guajira, Magdalena y Sucre. En esta región, sólo el 13 % de la energía producida proviene de fuentes renovables (12 % agua, 1 % viento), y el 87 % restante (ACPM, combustóleo, carbón y gas) representa una amenaza para el medio ambiente, debido a que en el proceso de transformación de energía se desprenden grandes cantidades de GEI a la atmósfera. Esto sin mencionar los GEI (HFC-32, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a) empleados en refrigeración residencial, durante la fabricación, instalación, uso, mantenimiento y eliminación de equipos de aire acondicionado (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS-, Departamento Nacional de Planeación –DNP- y Cancillería, 2016).

En este orden de ideas, a mayor consumo energético mayor contribución al calentamiento en ciudades como Barranquilla; incremento proyectado por la UPME en 2016 (Figura 1), relacionado con el crecimiento de la población y el cubrimiento de sus necesidades energéticas. Asimismo, dado el continuo calentamiento de la ciudad, proyectado por el Ideam y el diario El Tiempo (2016), se prevé un aumento progresivo de la temperatura (Figura 2), lo que puede reflejarse en mayores consumos energéticos, con el propósito de mejorar las condiciones climáticas al interior de los hogares.

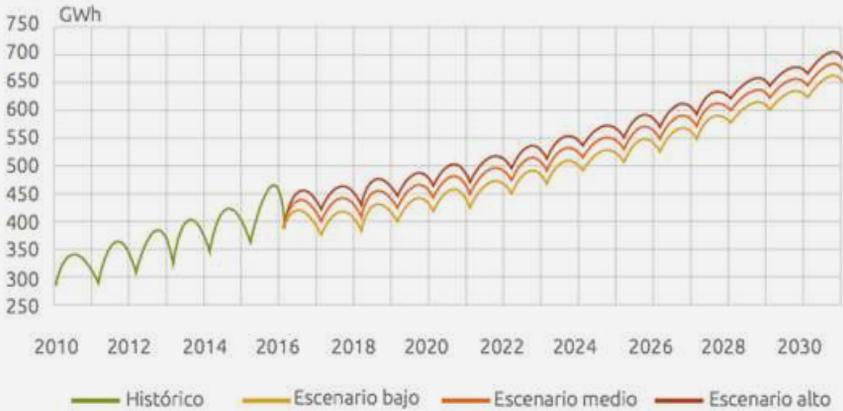


Figura 1. Proyección en años de la demanda energética UCP (Unidades de control de pronóstico) Barranquilla (GWh). Adaptado de UPME (2016)

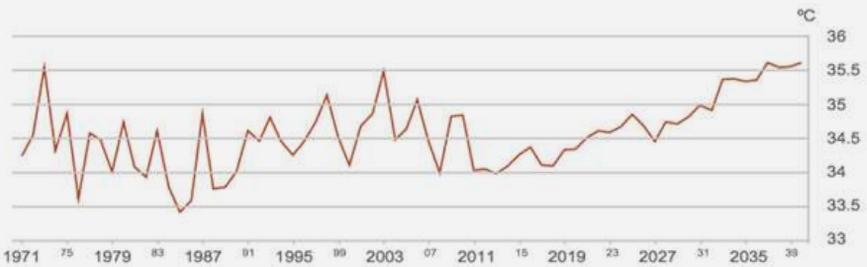


Figura 2. Promedio de temperatura histórica y proyección por año en Barranquilla. Adaptado de Ideam y El Tiempo (2017)

Como consecuencia del incremento en el consumo energético, en el ámbito gubernamental, y en torno a la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), se plantea el “Plan de Acción y Mitigación del Sector Energético”, desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía, de acuerdo con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 (Ley 1450 de 2011). En este plan se priorizan acciones, ubicando en primer lugar el desarrollo del “Programa Nacional de Eficiencia Energética en Acondicionamiento de Aire”, dirigiéndose hacia la implementación de proyectos de mejora de eficiencia de aires acondicionados en el sector residencial.

Ante esta realidad, se planteó el interrogante que define el proyecto ¿Cómo empoderar a la sociedad para reducir el gasto energético utilizado en climatizar ambientes residenciales, en climas cálidos como el de Barranquilla, y de esta manera mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)?

En este orden de ideas, el artículo presenta la primera fase del desarrollo del proyecto “CooLtiva: tecnología sostenible para la climatización”. El nombre CooLtiva proviene de reemplazar la primera sílaba de la palabra cultiva con el anglicismo Cool, que traduce fresco, evidenciando la relación de frescura con la presencia de plantas en el sistema propuesto, que será descrito más adelante.

El proyecto se realizó bajo las metodologías de diseño centrado en el usuario y biomímesis. La primera, debido a que el proyecto está pensado para generar un impacto en el ser humano y su calidad de vida; además, se cuestiona por las costumbres o hábitos que pueden llegar a transformar el diseño, ya sea para validarlo o para establecer una postura crítica y sugestiva. Los habitantes humanos de Barranquilla, son considerados en el proyecto no solo como el usuario a quien se dirige la propuesta, sino como un organismo que a su vez tiene hábitos y estrategias sostenibles y rescatables que pueden ser aprovechadas en este proceso de diseño. Por su parte, la biomímesis, analiza y estudia estrategias utilizadas por la naturaleza, con el propósito de encontrar soluciones sostenibles y acordes a la manera en que funciona la vida en el planeta.

Entonces, el documento esboza las metodologías implementadas desde tres ejes principales: recursos urbanos, biológicos y humanos. Esto se hizo con el propósito de entender la problemática desde diferentes niveles, así como las oportunidades presentes en cada uno de ellos. Posteriormente, plantea una sección de resultados, en la cual se presenta una breve descripción de la propuesta de diseño que surge de la investigación. En la sección de discusión, por su parte, se plantean los interrogantes a resolver en una segunda etapa del proyecto, así como la manera en que se pretende impactar y transformar a las comunidades que accedan a estas tecnologías.

## | Metodología

### Recursos urbanos

Este eje se contempló, pensando en el impacto que puede tener en ciudades como Barranquilla, las cuales tienen un gran potencial de crecimiento, y cuentan con recursos existentes que deben ser valorados en la propuesta resultante de la investigación. De esta manera, los recursos urbanos se refieren a lo existente y disponible para ser intervenido, adaptado o aprovechado.

Barranquilla es uno de los territorios más favorables para el crecimiento industrial del país, debido a que su ubicación geográfica permite el paso al interior y al exterior del mismo. Dicho crecimiento se ha convertido en oportunidades laborales para las personas, lo que explica, como factor relevante, el acelerado crecimiento de la población urbana de esta ciudad en los últimos 80 años: nueve veces desde 1938 a 2005 (Avella y Mahecha, 2011), superando los 2.350.000 habitantes en 2015.

Con el incremento de la población, la necesidad de más espacios para vivir se convirtió en una oportunidad para las empresas constructoras, en tanto la construcción vertical es una solución rentable para estas, quienes distribuyen y optimizan el área, procurando mayores ganancias;

a su vez, los conjuntos de apartamentos parecen ser soluciones integrales para sus habitantes, que van acorde a las dinámicas sociales de hoy en día, y por la cual, las construcciones recientes son, en su mayoría, edificios de apartamentos. Estas construcciones se iniciaron en zonas de estratos altos y medios en Barranquilla; sin embargo, con el tiempo, un significativo número de proyectos, con características similares, ha llegado a estratos bajos (1 y 2), teniendo en cuenta que son un mercado objetivo que representa el 56 % de la sociedad barranquillera (Secretaría Distrital de Salud Pública- Alcaldía de Barranquilla, 2012).

Es importante mencionar que insumos como ladrillos, bloques prefabricados y piedra, representan el 99 % de materiales utilizados en el sector residencial de Barranquilla (Mendoza, 2013). La predominancia de los mismos tiene como consecuencia el efecto isla de calor, ya que estos tienen la capacidad de absorber la energía solar y transmitirla al ambiente como energía térmica.

De igual manera, el vidrio utilizado en las fachadas de los edificios aumenta la temperatura al interior, en tanto una de las propiedades de este material es transmitir directamente la energía radiante (Guimarães, 2008). Así las cosas, al observar los diferentes edificios alrededor de la ciudad podemos notar que la mayoría de las ventanas y balcones son de este material; solo en algunas construcciones se utilizan ventanas embebidas o con pequeñas cornisas que generan sombra, lo que evita que la luz solar ingrese y caliente el interior. Sin embargo, en las edificaciones más recientes estos elementos han sido eliminados, casi en su totalidad, como respuesta a una disminución de los costos.

En este punto, es necesario tener en cuenta que el uso de otros materiales o tecnologías en la construcción, los cuales pueden contribuir a una mejor temperatura interior, son costosos y no representan una ventaja comercial para las empresas constructoras. Por otra parte, la utilización de estrategias bioclimáticas que permitan diseños frescos y confortables suelen ser escasas, esto porque las asesorías en este campo del diseño arquitectónico representan un gasto adicional. Dichas estrategias y sus beneficios, generalmente, son desconocidas por el público al que se dirigen, lo que explica la falta de exigencias de los usuarios para promover la construcción de edificaciones bioclimáticas; adicionalmente, los diseños arquitectónicos responden exclusivamente a las mínimas interpretaciones de la norma del Plan de Ordenamiento Territorial (POT): “Todos los espacios principales de las unidades residenciales (...) deben disponer de iluminación y ventilación naturales directas a través de las fachadas, patios y vacíos” (Alcaldía Mayor de Barranquilla, 2014, p. 276).

Teniendo en cuenta lo anterior, con el propósito de hacer de las edificaciones espacios habitables, los diseños, en su mayoría, tienen en cuenta el recorrido del sol y/o la dirección de los vientos, para determinar la mejor posición de las construcciones, y evitar el calentamiento al interior; sin embargo, estas estrategias resultan insuficientes, por lo que todos los diseños consideran espacios para equipos de aire acondicionado. En algunos casos, la tubería de estos, que conecta las dos unidades, manejadora y condensadora, viene incluida e instalada en las diferentes áreas privadas. De esta manera, la arquitectura no solo está contribuyendo a hacer los espacios residenciales más calurosos, sino que incentiva el uso de ventiladores y aires acondicionados, principalmente, y a su vez aumenta el consumo y la dependencia a la energía eléctrica en los hogares.

Con base en estos datos, se decidió que el producto del proyecto debe:

- » Adaptarse o implementarse en apartamentos y casas existentes y nuevas en Barranquilla.
- » Responder a los hogares amplios y a los más reducidos, y con pocas posibilidades de modificación arquitectónica (apartamentos).

## Recursos biológicos

Este eje refiere los recursos naturales con los que cuenta la ciudad, y que podrían ser aprovechados, por el proyecto, para la climatización de los hogares barranquilleros. Sin embargo, se contemplan estos recursos también como fuentes de inspiración, energía y/o materiales.

Barranquilla es una de las principales ciudades de Colombia. Ubicada al norte del país, se encuentra rodeada de varios cuerpos de agua: al norte, la ciénaga de Mayorquín y el mar Caribe; y al costado oriental, el río Magdalena y las ciénagas del Parque Isla Salamanca. Por su ubicación geográfica, entre el trópico de Cáncer y la línea del Ecuador, no se diferencian grandes cambios estacionales, y cuenta aproximadamente con 7 a 10 horas de sol diarias. El clima se caracteriza por los fenómenos de la niña y el niño, períodos con muchas lluvias y otras más secas, respectivamente. Esta ubicación influye, en gran medida, en aspectos climáticos como la temperatura, humedad y vientos, los cuales son las principales características que determinan el clima de la ciudad.

La temperatura en promedio de los últimos 10 años es 27,9 °C, alcanzando máximas de 38,7 °C en 2015. Las proyecciones para los próximos años, desarrolladas por el Ideam y el Tiempo (2016), muestran un incremento gradual significativo en el tiempo (Figura 2). Por otra parte, la humedad del aire se caracteriza por ser muy alta, debido a la cercanía e influencia de los cuerpos de agua mencionados anteriormente; esta varía entre el 77 % y 84 % en el año, con una media anual entre el 79 % y el 81 % (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas -CIOH-, 2007). La combinación de estas características afecta la vida de los habitantes de Barranquilla, quienes, teniendo en cuenta los altos niveles de humedad y bajas velocidades de viento, pueden sentir temperaturas de 35 °C, como si fuesen 38 °C y 40 °C (Ideam y El Tiempo, 2016).

Además, es importante clarificar que la velocidad del viento varía dependiendo de la época del año; de diciembre a marzo (en época seca) se presentan las mayores velocidades (4,5 y 6,1 m/seg), seguido de los meses de abril a junio, época húmeda, cuando se presentan velocidades medias de 2,7 y 3,2 m/seg; de agosto a noviembre, la segunda mitad de la época húmeda del año, las velocidades están entre 2,2 y 3,1 m/seg. Finalmente, la dirección de estos vientos es predominante en sentido noreste (42,7 %) y norte (25 %) (CIOH, 2007). Otras direcciones de vientos: este (5,8 %), sur-este (6,1 %), y sur (6,1 %), son menos significativas.

Por lo anterior, se determinó que el proyecto debe:

- » Aprovechar recursos como el sol o el viento para alimentarse o funcionar.
- » Tener en cuenta condiciones climáticas existentes como el sol, el viento, la temperatura, la humedad, entre otras.
- » Depender solo de recursos naturales disponibles en la región (agua, sol, viento, materiales, biodiversidad, entre otros).

Tomando como base esta caracterización climática, se realizó una búsqueda de estrategias naturales que resultaran en la creación de microclimas frescos. Esta fase del proyecto se desplegó bajo la metodología desarrollada por el Biomimicry Institute, denominada pensamiento biomimético; este proceso inició, entonces, con la formulación de preguntas a la naturaleza. Para esta problemática las preguntas realizadas fueron:

- » ¿Cómo hace la naturaleza para crear microclimas frescos en ambientes cálidos?
- » ¿Cómo hace la naturaleza para refrescar ambientes u organismos?
- » ¿Cómo hace la naturaleza para liberar calor?
- » ¿Cómo hace la naturaleza para aislar la fuente de calor?

Asimismo, y teniendo en cuenta que uno de los factores más importantes utilizados en la arquitectura bioclimática es el viento, se incluyó en la búsqueda la siguiente pregunta:

- » ¿Cómo hace la naturaleza para capturar y redireccionar fluidos como el viento?

En esta etapa se realizaron consultas bibliográficas y con profesionales en Biología que guiaron hacia las estrategias naturales que se emularon en la propuesta de diseño. A continuación, se realizará una breve explicación de estas:

- a. Hormigas cortadoras de hojas (*Acromyrmex heyeri* y *Atta vollenweideri*).

Estas especies de hormigas, presentes en la costa Caribe, crean microclimas al interior de sus nidos, manteniendo temperaturas por debajo de los 30 °C; la radiación solar y los procesos metabólicos de estos organismos son las principales fuentes de calor en este sistema. Este requiere termoregularse para propiciar las condiciones de cultivo y cosecha del hongo del que se alimenta la colonia; además, temperaturas superiores pueden ocasionar graves daños a este hongo, y por tanto a la colonia (Kleineidam, Ernst & Roces, 2001). Ver esquema en Figura 3.

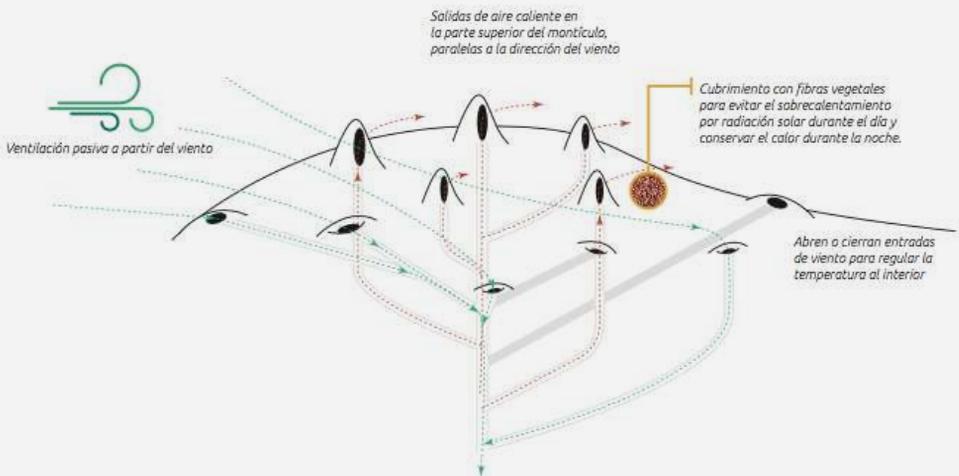


Figura 3. Esquema de estrategias aplicadas en hormigueros de *Acromyrmex heyeri* y *Atta vollenweideri*.

Las estrategias utilizadas para crear estos microclimas son:

- » Las hormigas del género *Atta vollenweideri* utilizan dos principios para la ventilación pasiva del nido: convección térmica y movimiento del aire, inducido por el viento; sin embargo, la ventilación de los nidos durante el verano depende principalmente del viento que entra al nido (Kleineidam et al., 2001).
- » Las hormigas obreras abren o cierran entradas de viento para regular la temperatura al interior (Kleineidam et al., 2001).
- » Algunas de las aperturas se encuentran ubicadas en la periferia y de cara al viento, mientras que las aperturas de los túneles centrales (salida del aire), que se ubican en la parte superior del montículo, son paralelas a la dirección del viento (Kleineidam et al., 2001).

### b. Hojas.

Las hojas de las plantas poseen varias estrategias que les permiten crear microclimas más frescos en ambientes cálidos. Los resultados de enfriamiento del aire en árboles, presentados en el estudio “Cooling Effect of Shade Trees with Different Characteristics in a Subtropical Urban Park”, de B. S. Lin & Lin (2010), determinan jerárquicamente el nivel de contribución de las características de las hojas que más aportan a este efecto, las cuales se ilustran en la figura 4 y se explican a continuación:

- » El color de las hojas: las hojas claras tienen la propiedad de reflejar mayor cantidad de luz solar; por tanto, la energía radiante no es absorbida y convertida en energía térmica. Así las cosas, en árboles como el mango, las nuevas hojas, aquellas ubicadas en la parte alta, tienen un color más claro, a diferencia del resto.



Figura 4. Esquema de estrategias utilizadas por las hojas para la creación de microclimas.

- » La densidad del follaje: esta característica está relacionada con el área de transpiración. En las hojas de algunos árboles -el mango, por ejemplo-, una parte del agua presente en las hojas actúa como material de cambio de fase, recibiendo la radiación solar excedente como energía térmica (la que no fue utilizada en el proceso de fotosíntesis). Esta ganancia de energía es utilizada por el agua para cambiar a estado gaseoso, es decir, se evapora. Posteriormente, el vapor de agua es liberado por los estomas, ubicados en el envés de la hoja, junto con otros subproductos de la fotosíntesis, como el oxígeno. La energía utilizada en el proceso de evaporación no vuelve a transformarse en calor, por lo que a mayor densidad del follaje habrá mayor evaporación y menor temperatura bajo la sombra del árbol.
- » Los árboles de hojas gruesas tienen un mayor efecto refrescante en el ambiente.
- » Las hojas con texturas rugosas tienen una menor absorción de radiación solar, y ganan menos calor por este medio (B. S. Lin & Lin, 2010).

### c. Plantas en forma de rosetas (Espeletia).

La disposición de las hojas en forma de roseta funciona como un embudo que captura y direcciona agua; de esta manera, se maximiza el área que la colecta en forma de lluvia o niebla. Además, la inclinación de las hojas permite la formación de canales que dirigen el agua colectada a la médula de la planta. Las hojas superiores también cumplen una función protectora ya que reflejan la radiación solar, impidiendo que el agua en la médula se evapore. Estas estrategias se ilustran en la figura 5.



Figura 5. Fotografía de *Espeletia hillipii* (frailejón) y esquema de estrategias utilizadas por las plantas en forma de rosetas. Foto: Universidad de los Andes (2001).

A partir del análisis de estas estrategias y principios puntuales, se concluye que para refrescar:

- » La naturaleza crea microclimas, a partir de recursos y formas de energía disponibles en el medio.
- » Usa el viento, induciendo corrientes que renuevan el aire calentado.
- » La naturaleza evita el calentamiento, crea formas y/o materiales que eluden la incidencia del sol (la principal fuente de calor).
- » La naturaleza transfiere calor a otros materiales; el principal material utilizado, con fines térmicos, es el agua, debido a que es un material con cambio de fase que gasta la energía térmica para no transferirla nuevamente al ambiente.
- » La naturaleza crea relaciones entre especies para encontrar beneficios comunes. En el caso de los árboles, los microclimas creados por estos propician la interacción de otras especies que se benefician, al igual que aportan condiciones favorables para el árbol, como el aporte de nutrientes al suelo o la dispersión de semillas.

Estas conclusiones entonces son los pilares biológicos sobre los que se construye la propuesta, desde su funcionamiento técnico. Sin embargo, el tercer eje de la investigación reveló aspectos del ser humano que enriquecen la propuesta y la hacen viable, debido a que reflejan preferencias y deseos que los habitantes de la ciudad tienen, y pueden llegar a ser factores de apropiación de la tecnología.

## Recursos humanos

Paralelamente a la investigación biológica, se realizaron actividades que buscaban ahondar en el ser humano: sus comportamientos, costumbres y deseos; de manera particular, en las personas habitantes de Barranquilla. Inicialmente, una revisión bibliográfica ilustró el problema en datos que, posteriormente, fueron corroborados por observaciones y entrevistas a habitantes de esta ciudad.

El calor percibido durante el día, por poblaciones costeras como la de Barranquilla, ha propiciado la preferencia a pasar la mayor parte del tiempo en interiores, al resguardo del sol; espacios que han sido equipados con dispositivos eléctricos como aires acondicionados o ventiladores que permiten la modificación de la sensación térmica.

Las actividades al aire libre, como hacer deporte, tienen lugar “cuando caiga el sol y refresque la noche” (V.G, Anónimo, comunicación personal, 6 de febrero de 2017); debido, en gran medida, a la disminución de la temperatura en estas horas del día en las que toman lugar algunas costumbres, como sentarse en las puertas de las casas o en balcones. Costumbre que permite, además de disponer espacios de socialización con vecinos, el paso del viento fresco de la noche al interior de los hogares. Sin embargo, la acción del viento ya no es suficiente; la incidencia del sol durante el día en los materiales de construcción convencionales los ha calentado y han guardado este calor para liberarlo al interior, en la noche. Por consiguiente, el uso de sistemas de climatización llega a utilizarse casi de forma continua durante el día y la noche, lo que evidencia, a su vez, la dependencia al fluido eléctrico.

En los últimos años, como consecuencia de las olas de calor, las ventas de aires acondicionados y ventiladores han aumentado significativamente. Solo en el primer trimestre del 2016 las ventas de estos electrodomésticos aumentaron un 30 %, destinados principalmente a estratos socioeconómicos 1 y 2, tal y como lo asegura Jaime Borrero Arce, Gerente Comercial de Ingetec Ambiental, y vocal de la Asociación de Empresarios de Aires Acondicionados y Refrigeración (ASOCAIR), en la entrevista realizada por Nilson Romo (2016) del Periódico local El Herald.

Así mismo, la asociación indica en esta entrevista que el incremento en ventas está dado, en mayor medida, por la compra de aires acondicionados convencionales, además refuerza que los aires con última tecnología (inverter) son adquiridos principalmente por los estratos más altos; esto se debe a que los criterios de selección para estos estratos son principalmente el precio de compra y la durabilidad del sistema, dejando de lado el ahorro energético.

La solución que existe entonces para controlar el gasto y por ende la factura de energía, es hacer uso restringido de estos equipos de alto consumo, por cortos períodos de tiempo, y acudiendo a estos cuando se hace necesario. “En casa ya ni los abanicos se pueden prender porque eso lo que echan es un fogaje” (El Herald, 2016).

Lo anterior, confirma que si bien en 2006, año en que se realizó el estudio liderado por la Universidad Nacional “Determinación del consumo final de energía en los sectores residencial urbano y comercial y determinación de consumos para equipos domésticos de energía eléctrica y gas”, la utilización de equipos de acondicionamiento de aire de alto consumo estaba relacionado con la capacidad económica de los usuarios; para los años más recientes esta tecnología se ha expandido, debido a que buscar una solución al calor ha pasado a ser una prioridad. La climatización de los hogares pasó de ser una comodidad para los estratos más altos a una necesidad primaria en la población.

Incluso, según el Secretario de Salud del departamento del Atlántico, Armando de la Hoz, en la entrevista realizada por Guerrero (2016), para el diario El Heraldó, las afecciones en la salud, debido a las altas temperaturas de los habitantes de Barranquilla y algunas otras poblaciones en la región, han aumentado. Las consultas relacionadas por golpes de calor en 2016 crecieron un 16 %, afectando en mayor medida a ancianos y niños. Como consecuencia, la hipertensión, producto del aumento de la frecuencia cardíaca, provoca eventos cardiovasculares o cerebrales en las personas. Así mismo, la excesiva sudoración puede provocar deshidratación; de ahí que, suplir esta necesidad ha llegado a ser de vital importancia.

Debido a lo anterior, se determinaron dos limitantes del proyecto:

- » El proyecto debe estar alineado a costumbres, percepciones, estrategias sostenibles y/o deseos de la comunidad.
- » El diseño debe ser económico. Es decir, reducir el gasto energético, precio del producto y/o su mantenimiento, con el propósito de poder llegar a la mayor cantidad de personas.

Así las cosas, se formularon nuevas actividades para la búsqueda y levantamiento de información. Por medio de la observación de hábitos y entrevistas, se entendieron estrategias diferentes a las que nos ofrecen los electrodomésticos, por ejemplo: tomar agua fresca, bañarse, lavarse el rostro, cambiar la ropa, abrir las ventanas y sentarse bajo la sombra de un árbol.



Figura 6. Actividades urbanas bajo los árboles.

Sobre esta última se indagó más a profundidad por ser una estrategia natural, y por tanto amigable con el medio ambiente. Pero, ¿por qué las personas reconocen y prefieren microclimas más frescos en las sombras de los árboles? (Figura 6). Esta preferencia se observa en Barranquilla y en muchos otros lugares de clima cálido, tanto así que se desarrollan actividades en estos espacios por el confort térmico que proveen. Además, estos microclimas reúnen las condiciones ideales que buscan las personas adaptadas a climas cálidos y húmedos. En varias ocasiones las personas entrevistadas expresaron una inconformidad con las bajísimas temperaturas y falta de humedad que proveen los aires acondicionados, “Yo pongo el aire acondicionado en 24 °C porque a mí no me gusta ese aire así tan frío” (V.-G, Anónimo, comunicación personal, 6 de febrero de 2017).

Debido a esto, se agotan las estrategias, ya que no consumen o consumen poca energía eléctrica por el calor intenso, antes de encender el aire acondicionado. Sin embargo, cuando las demás estrategias son insuficientes se recurre a este, encendiéndolo por cortos periodos. Este hábito puede responder a la repulsión por las extremas condiciones que proveen estos equipos y/o por el costo que esto significa en la factura eléctrica.

De otro lado, una de las observaciones más recurrentes del estudio efectuado en campo, destaca uno de los momentos en que se crea la necesidad de climatizar un espacio interior, el cual se lleva a cabo cuando la persona ingresa a un espacio y percibe condiciones térmicas hostiles.

Otro de los hallazgos encontrados en la encuesta de investigación tiene que ver con la percepción visual térmica; esta encuesta arrojó resultados en los que las imágenes con presencia vegetal (verde) resultaron ser visualmente más frescas para los habitantes barranquilleros; así mismo, la preferencia climática de ambientes húmedos, por la lluvia, y con gran densidad de follaje frente a ambientes demasiado fríos, como paisajes con nieve.

Lo anterior, puede estar determinado por una respuesta animal instintiva y experiencias vividas. Sin embargo, al realizar varios recorridos en la ciudad se observó la presencia de plantas en los hogares barranquilleros, por lo que se considera que existe un apego a la introducción de estas en las viviendas, incluso en las más reducidas se encuentran o inventan espacios para colocarlas, aun teniendo en cuenta que, especialmente los apartamentos, no han sido diseñados con este propósito (Figura 7). Finalmente, en muchas ocasiones se observaba que en las ventanas de casas y apartamentos se ponían plantas que, a su vez, actúan como barreras vegetales que crean sombras al interior.



Figura 7. Espacios para plantas en apartamentos.

### | Cooltiva: la propuesta

A partir de lo anterior, se diseñó un sistema de climatización para climas cálidos, como el de Barranquilla, compuesto por módulos complementados por un subsistema de inducción de aire. Cooltiva cuenta con un canal que disminuye la temperatura del aire y lo introduce fresco continuamente, manteniendo temperaturas confortables al interior de los hogares. De esta manera, se evita el choque térmico que lleva a tomar la decisión de climatizar una habitación con sistemas eléctricos.

Para proteger los materiales e insumos del sistema, cada módulo Cooltiva incorpora una planta. Esta planta produce sombras y refleja la mayor cantidad de radiación solar, evitando el calentamiento de los materiales de la fachada y produciendo sombras al interior.

Cooltiva, además, tiene dos modos de operación; en su modo pasivo trabaja continuamente con la fuerza del viento, introduciendo aire fresco al interior; por su parte, en el modo activo el sistema induce aire; este modo es accionado cuando los vientos no son suficientes para reducir la temperatura al interior. A futuro se plantea la posibilidad de poder automatizar el sistema para que se encienda o apague, respondiendo a sensores de temperatura, lo que permitiría optimizar el gasto energético.

Cada módulo Cooltiva cuenta con este sistema, el cual puede activarse y alimentarse de la luz solar incidente en las ventanas. La incorporación de paneles solares al sistema se plantea teóricamente, ya que dependería de otras tecnologías como los paneles solares transparentes en desarrollo por Ubiquitous Energy o las persianas SolarGaps (s.f.).

También, Cooltiva está diseñado para ser instalada en las ventanas, ya que hacen parte del sistema de ventilación arquitectónica; siendo estos espacios ideales para el paso del viento y el mantenimiento de las plantas por parte de los usuarios.

La incorporación de plantas al sistema, además de refrescar ambientes interiores, crea espacios en los que el usuario, durante el mantenimiento de estas, se compromete al cuidado, propiciando relaciones y beneficios comunes con otras formas de vida, y fomentando la reconexión con la naturaleza.

Con la construcción del prototipo a escala real (Figura 8), se puso a prueba la capacidad que tiene el sistema de refrescar espacios. Para estas pruebas se contó con una tarjeta microcontroladora (Wiring S) y 2 sensores de temperatura (LM35); uno de ellos media la temperatura ambiente, y el otro la temperatura del aire saliente. Como resultado del experimento se logró una reducción de 4 °C, aproximadamente.



Figura 8. Pruebas térmicas con prototipo de módulo Cooltiva.

## | Discusión de resultados

Abordar el problema desde ambas metodologías ha permitido encontrar puntos comunes sobre los que la propuesta de diseño se apoya, con un claro enfoque hacia la sostenibilidad ambiental; después de todo, el ser humano pertenece al sistema natural y, por tanto, no es ajeno a estas estrategias. Han sido de gran importancia los hallazgos encontrados sobre las preferencias y los deseos de los habitantes de la ciudad para el planteamiento de la propuesta. Inicialmente, uno podría pensar en hacer un sistema que, de manera menos contaminante, imite las condiciones generadas por un equipo de aire acondicionado; sin embargo, gracias al acercamiento a la comunidad se ha podido entender y buscar las características climáticas que realmente representan confort para estas personas.

A su vez, suplir el deseo de incorporar plantas en los hogares con espacios reducidos o inexistentes para estas, es otro logro del proyecto. Desde otra mirada, el contacto con plantas y el cuidado y mantenimiento de estas, son actividades que rescatan la conexión con la naturaleza y hacen entender un poco más cómo funciona, y cómo el cuidado de estas produce beneficios en la calidad de vida de los seres humanos.

Además de ser un sistema que reduce significativamente el consumo eléctrico en los hogares, Cooltiva puede llegar a disminuir el CO<sub>2</sub> presente en el aire, gracias al efecto fotosintético de las plantas en el sistema; esto significa poder respirar aire más puro en los hogares que lo implementen.

De otro lado, partir de los hallazgos, desde el estudio de la comunidad barranquillera, fortaleció la elaboración de la propuesta de diseño, en el sentido en que hay más posibilidades de que esta tecnología resultante sea aceptada y apropiada por la comunidad en etapas futuras. Y más allá, le entrega al usuario final la posibilidad de producir un cambio en sus hogares, en su ciudad y en el planeta, liberándolo de la dependencia energética y de los altos costos que los sistemas convencionales acarrearán; además, a largo plazo, puede producir una transformación social hacia la manera en que nos relacionamos con la naturaleza y los beneficios que tiene incluirla en nuestra vida.

Otros impactos en la población se proyectan a futuro, junto con la implementación del proyecto. La producción de este sistema puede ser uno de estos, ya que puede rescatar actividades artesanales en cerámica y generar nuevos empleos en las comunidades que buscamos afectar positivamente.

## | Conclusiones

Actualmente, se está trabajando para la segunda fase de desarrollo de esta tecnología. Cooltiva fue presentado al concurso internacional Biomimicry Global Design Challenge (BGDC), y seleccionado como uno de los seis finalistas con posibilidad de ganar el primer premio, lo que permitiría su implementación. Junto con la nominación se accedió a fondos y a un programa de acompañamiento y formación para continuar el desarrollo de la tecnología y proyectarlo comercialmente.

Cooltiva es la respuesta a la implementación exitosa de dos metodologías que responden, en primer lugar, a la curiosidad científica que considera los sistemas naturales como una fuente de conocimiento inagotable y ejemplar (biomímesis). Sin embargo, el diseño centrado en el usuario

permitió entender que, dentro de los hábitos humanos, también se esconden respuestas sostenibles, tal vez vestigios de nuestro instinto animal, que pueden llegar a ser puntos de partida y oportunidades para la implementación de nuevas tecnologías, y producir una transformación social.

En este orden de ideas, la innovación social debe ser el resultado de procesos de diseño que busquen la creación de sociedades sostenibles, las cuales, más allá de mejorar la calidad de vida de los seres humanos, debe ser una sociedad que respete y conserve la vida del planeta, fomentando un cambio de hábitos hacia el cuidado del medio ambiente, por parte de las mismas comunidades (Viñolas, 2005).

Finalmente, durante el proceso de investigación y elaboración de propuestas de este proyecto, se trabajó fuertemente en la idea de empoderar a la misma comunidad que padece esta necesidad. No solo se trata de realizar un diseño que disminuya la temperatura interior, sino un diseño que evidencie el papel de la naturaleza en esta era de cambio climático, y la importancia de integrar nuestros procesos a los naturales, al minimizar los impactos destructivos que las tecnologías actuales ocasionan.

## | Referencias

Alcaldía de Barranquilla. (2014). Decreto N° 0212, por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial y Portuario de Barranquilla 2012 - 2032.

Avella, F. J. y Mahecha, N. (2011). Dinámicas del poblamiento en el Caribe continental colombiano (1938-2005). *Memorias*, (15), 75-125. Recuperado de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/memorias/article/view/3166>

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas -CIOH-. (2007). *Climatología de los principales puertos del Caribe colombiano*. Recuperado de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenRiohacha1.php>

Congreso de la República de Colombia. (2011). *Ley 1450*, por medio de la cual se expide el Plan de Desarrollo 2010-2014.

El Heraldo. (2016). En video: La ola de calor que azota a Barranquilla. *El Heraldo*. Recuperado de <https://www.elheraldo.co/local/en-video-la-ola-de-calor-que-azota-barranquilla-262375>

Guerrero, A. (mayo, 2016). Consultas médicas aumentan 16 % por ola de calor. *El Heraldo*. Recuperado de <http://www.elheraldo.co/local/consultas-medicas-aumentan-16-por-ola-de-calor-262851>

Guimarães, M. (2008). *Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo. Análisis térmico de la cubierta ventilada* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- y El Tiempo. (2016). *Especial: Los efectos del cambio climático para Colombia*. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/multimedia/especiales/efectos-del-cambio-climatico-para-colombia/16746572/1>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS-, Departamento Nacional de Planeación –DNP- y Cancillería. (2016). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero (GEI) de Colombia. Tercera comunicación nacional de cambio climático de Colombia*. Bogotá, Colombia: PuntoAparte.

Kleineidam, C., Ernst, R. & Roces, F. (julio, 2001). Wind-induced ventilation of the giant nests of the leafcutting ant *Atta vollenweideri*. *Naturwissenschaften*, 88(7), 301–305.

Lin, B. S. & Lin, Y. J. (2010). Cooling Effect of Shade Trees with Different Characteristics in a Subtropical Urban Park. *HortScience*, 45(1), 83–86.

Mendoza, R. (ed.). (2013). *¿Cómo Vamos en Vivienda? Evolución de indicadores 2009-2013*. Barranquilla, Colombia: Barranquilla Cómo Vamos. Recuperado de <http://www.barranquilla-comovamos.co/bcv/index.php/barranquilla/item/147-como-vamos-en-vivienda-indicadores-2009-2013>

Ministerio de Minas y Energía –MinMinas-. (s.f.). *Plan de acción de mitigación del sector energético energía eléctrica*. Recuperado de [http://www.lowemissiondevelopment.org/lecbp/docs/countries/Colombia/Colombia\\_PAS\\_Energia\\_Electrica\\_Remitido\\_MADS.pdf](http://www.lowemissiondevelopment.org/lecbp/docs/countries/Colombia/Colombia_PAS_Energia_Electrica_Remitido_MADS.pdf)

Romo, N. (mayo, 2016). Ola de calor aumenta un 30 % venta de aires acondicionados. *El Heraldo*. Recuperado de <http://www.elheraldo.co/local/ventas-de-aires-acondicionados-en-barranquilla-crecen-30-asocair-262854>

Secretaría Distrital de Salud Pública, Alcaldía de Barranquilla. (2012). *Capítulo II. Análisis de la situación de salud*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/mapa/analisis-de-Situacion-Salud-Barranquilla-2012-2015.pdf>

SolarGaps. (s.f.). *World's First Solar Smart Blinds*. Recuperado de <https://solargaps.com/>

Unidad de Planeación Minero Energética –UPME-. (2004). *Determinación de consumos específicos para equipos domésticos de energía eléctrica y gas*. Recuperado de [http://www.upme.gov.co/terminos/borradores/125\\_borrador.pdf](http://www.upme.gov.co/terminos/borradores/125_borrador.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética –UPME-. (2014). *Guía para el consumo consciente, racional y eficiente de la energía en el sector residencial de zonas tropicales colombianas. Sector residencial*. Recuperado de <http://www.si3ea.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=Va-Qh9l97ubc%3D&tabid=90&mid=449&language=es-ES>

Unidad de Planeación Minero Energética –UPME-. (2015). *Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano*. Recuperado de [http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento\\_Variables\\_Octubre\\_2015.pdf](http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento_Variables_Octubre_2015.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética –UPME-. (2016). *Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia*. Recuperado de [http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME\\_Proyeccion\\_Demanda\\_Energia\\_Electrica\\_Junio\\_2016.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME_Proyeccion_Demanda_Energia_Electrica_Junio_2016.pdf)

Universidad de los Andes. (2001). *Espeletia killipii*. [Fotografía]. Recuperado de <https://chingaza.uniandes.edu.co/chingaza/Genera/images/DSCN6050.JPG>

Universidad Nacional de Colombia –UNAL. (2006). *Determinación del consumo final de energía en los sectores residencial urbano y comercial y determinación de consumos para equipos domésticos de energía eléctrica y gas*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Viñolas, J. (2005). *Diseño ecológico: hacia un diseño y una producción en armonía con la naturaleza*. Barcelona, España: Blume.