



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

MONITOREO DE ÍNDICE DE RESILIENCIA URBANA, HUELLA DE CARBONO Y HUELLA HÍDRICA DEL BARRIO ALTOS DE SANTA ELENA, DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

1. INTRODUCCIÓN

La CVC y el Municipio de Santiago de Cali, por intermedio del Departamento Administrativo del Medio Ambiente -DAGMA-, en el marco del “Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en Santiago de Cali” acordaron la inversión de los recursos de la sobretasa en el Municipio de Santiago de Cali con el principio de colaboración armónica entre entidades del Estado, iniciaron la ejecución de algunas actividades que se consignaron en el plan.

En el año 2017 se realizó el convenio interadministrativo entre la CVC y la Universidad del Valle No. 165 de 2017; dentro del marco de este convenio se realizó la estimación de los indicadores de huella de carbono, huella hídrica e índice de resiliencia urbana medioambiental para los barrios Aguacatal y San Antonio, en la ciudad de Santiago de Cali. Además, se implementaron acciones de adaptación al cambio climático como construcción de huertas comunitarias, sistemas de recolección de aguas lluvias, implementación de uso de fuentes alternativas de energía (fotovoltaica) en una institución educativa, diplomado de Eco barrios, consolidación de un mercado orgánico, entre otras.

Durante el año 2018 se realizó el convenio interadministrativo entre la CVC y la Universidad del Valle No. 046 de 2018, el cual tenía como finalidad dar continuidad al proceso e implementación de actividades enmarcadas en el “Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en Santiago de Cali”, en este convenio se encuentra nuevamente la transformación urbana en Eco barrios y se trabajó con el barrio Altos de Santa Elena, donde se realizó el levantamiento de la línea base de los indicadores de cambio climático, además de monitorear a los indicadores de huella hídrica, huella de carbono y resiliencia urbana a los barrios de San Antonio y Aguacatal, que se trabajaron en el convenio anterior.

Para el año 2019 se realizó una adición al convenio No. 046 de 2018, donde se incorpora el barrio Salomia-Sena al proceso de consolidación de Eco barrios y se le brinda continuidad a la medición y monitoreo de los indicadores de sostenibilidad ambiental para los barrios San Antonio, Aguacatal y Altos de Santa Elena.

En este informe se presenta los resultados de los indicadores de cambio climático; huella de carbono, huella hídrica e índice de resiliencia urbana en el barrio Altos de Santa Elena.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Realizar un monitoreo del comportamiento de los indicadores de cambio climático (huella de carbono, huella hídrica y resiliencia urbana) del barrio Altos de Santa Elena de la comuna 18 de la ciudad de Santiago de Cali, a partir de la información recolectada mediante la aplicación de encuestas para el año 2019.

2.2 Objetivos específicos

1. Capacitar encuestadores para la recolección de datos.
2. Recopilar información de los habitantes del barrio Altos de Santa Elena por medio de encuestas.
3. Procesar la información en las hojas de cálculo para estimar los indicadores de cambio climático.
4. Analizar la información y realizar la comparativa del comportamiento de los indicadores de cambio climático en los años 2018 y 2019.

3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

3.1 Área de estudio

El área de interés de este estudio es la Urbanización Altos de Santa Elena, ubicada en el sector del Bajo Jordán en la comuna 18 (Ver Figura 1). Dicha comuna se encuentra al límite del perímetro urbano y colinda con las comunas 17, 19 y 22; adicionalmente tiene una extensión de 542,9 hectáreas, representando el 4.5% del área total del municipio. La población estimada sobrepasa los 100.000 habitantes, representando valores cercanos al 5% de la población total de la ciudad (Alcaldía Santiago de Cali, 2008).



Ilustración 1. Zona de estudio



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

La urbanización Altos de Santa Elena inició como un proyecto habitacional de 960 apartamentos, promovido por la Alcaldía de Cali y con un área total de 240.000 metros cuadrados (Alcaldía de Santiago de Cali, 2018). En la actualidad la urbanización cuenta con un total de 2411 hogares, según información de subscriptores activos proporcionada por la empresa de servicios públicos EMCALI.

3.2. DISEÑO MUESTRAL

3.2.1. Población objeto de estudio

Está conformada por las viviendas ubicadas en la urbanización Altos de Santa Elena de la comuna 18 de la ciudad de Santiago de Cali. Se entiende como vivienda a un lugar estructuralmente separado e independiente, ocupado o destinado a ser ocupado por una persona que vive sola o por un grupo de personas que viven juntas (familiares o no), y comparten el uso de los servicios públicos.

3.2.3. Variables de interés

Las variables de interés son tres indicadores de sostenibilidad:

- Índice de resiliencia urbana medioambiental
- Huella de carbono
- Huella hídrica

3.2.3. Marco muestral

El marco de muestreo que se empleó para recabar la información de la línea base de la urbanización Altos de Santa Elena, corresponde al listado de 2411 suscriptores activos en el servicio de acueducto y alcantarillado brindado por la empresa de servicios públicos EMCALI.

3.2.4. Determinación del tamaño de muestra

3.2.4.1. Método de muestreo

El método de muestreo utilizado es de tipo probabilístico, en el cual los resultados obtenidos de la encuesta se generalizan a toda la población, donde la unidad de selección es la vivienda y la unidad de observación es el jefe de la vivienda. Se realizó un muestreo aleatorio simple (MAS) en la urbanización Altos de Santa Helena por ser una población homogénea y cuyas viviendas pertenecen al mismo estrato socioeconómico. Las ventajas del MAS son las siguientes:

- Cada vivienda se elige en forma independiente de las demás.



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

- Garantiza igual probabilidad de inclusión en la muestra para cualquier vivienda.
- Muy eficiente en poblaciones homogéneas (muestra representativa).
- El procedimiento de selección de las viviendas es fácil.
- Se requiere un listado de todas las viviendas que conforman la urbanización

3.1.4.2. Precisión y confiabilidad

La precisión o el máximo alejamiento tolerado (error máximo de muestreo) entre el verdadero valor de los indicadores objeto de estudio y su estimación fue analizada entre un 5% y un 10% y el nivel de confianza o seguridad de que se cumpla la precisión estipulada se definió entre el 90% y 95%, con el fin de determinar un tamaño de muestra acorde con el presupuesto apropiado para la aplicación de la encuesta.

3.1.4.3. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra se calculó para el índice de resiliencia urbana medio ambiental considerado como uno de los principales indicadores de la encuesta, y el cual requiere los tamaños de muestra mayores. Esto garantiza que las estimaciones del resto de los indicadores de interés queden cubiertas con este tamaño de muestra. El tamaño de la muestra se estimó mediante la fórmula del Muestreo Aleatorio Simple para Proporción de Universo Finito, empleada mediante la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 NP(1-P)}{\varepsilon^2 (N-1) + Z_{\alpha/2}^2 P(1-P)}$$

Ecuación 1. Muestreo Aleatorio Simple para universo finito.

Dónde:

- N : es el número de viviendas de la urbanización Altos de Santa Elena
- P : es 0.5
- ε : es el error de muestreo tolerado
- $Z_{\alpha/2}$: corresponde al nivel de confianza bajo el supuesto de normalidad.

Tabla 1. Opciones de muestreo barrio Altos de Santa Elena

ALTOS DE SANTA ELENA	P	Q	N	Nivel de confianza	error de muestreo	Z (TABLA NORMAL)	Tamaño de muestra (n)
OPCION 1	0,5	0,5	2411	95%	0,07	1,96	181
OPCION 2	0,5	0,5	2411	95%	0,10	1,96	92
OPCION 3	0,5	0,5	2411	93%	0,10	1,81	79



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

OPCION 4	0,5	0,5	2411	93%	0,09	1,81	97
OPCION 5	0,5	0,5	2411	93%	0,15	1,81	36

En la tabla 1 se presentan los tamaños de muestra para un MAS para Proporciones de Universo Finito. Donde se escogió la opción 2 con un error de muestreo del 10% con un nivel de confianza del 95%, se obtuvo un tamaño de muestra acorde de aproximadamente de 92 encuestas, y se decidió realizar 100 encuestas en los hogares para tener un margen de error más bajo.

En este monitoreo se realizaron menos encuestas que en el levantamiento de la línea base, en la primera fase se realizaron 150 encuestas y este monitoreo se realizaron 100, esto con el fin de reducir costos y minimizar tiempos, pero se soporta la confiabilidad de los datos con la ecuación 1.

3.1.4.4. Selección de la muestra

La selección de las viviendas se realizó mediante el siguiente método de aleatorización:

- 1) Se determinó el marco de muestreo que permitió seleccionar las viviendas a encuestar.
- 2) Se asignó un número ID a cada unidad poblacional de 1 a 2411.
- 3) Mediante la función aleatorio de Excel, se devuelve un número entero aleatorio entre los números que se especificaron. Luego, se seleccionaron los primeros 100 números aleatorios generados y de esta manera se obtuvo el número de la torre y del apartamento relacionado con el ID seleccionado.

3.3 . Instrumento para recolección y visualización de datos

3.3.1. Memento Database

Memento Database es una aplicación de Google Play, la cual se integró a una cuenta de correo de Gmail para el almacenamiento de la información recolectada, luego se creó un formulario personalizado para la toma de datos, a partir de la encuesta estructurada descrita anteriormente.

A su vez, a través de esta herramienta se creó una hoja de cálculo de Google para la administración y gestión de la información recolectada; el formulario contó con un campo de ubicación geográfica, permitiendo el almacenamiento automático en Google Drive, permitiendo el uso de aplicaciones de Google como Google My Maps o Google Data Estudio para presentar de una manera atractiva la información recolectada.

3.3.2. Herramienta Google Sites

Google Sites es una herramienta para crear sitios web o intranet de una forma sencilla.



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

A través de Google Sites se crea una página Web que sirve como gestor de contenidos de la información, donde se crean menús, se integran videos, mapas, documentos y archivos para que sean vistos o descargados en línea y una de las características más importantes es que se trabaja directamente en la nube, es decir, cualquier cambio que se haga en cualquiera de los archivos o documentos integrados en la nube, se verá reflejado en la website.

Esta herramienta se seleccionó para la visualización no solo de la medición de indicadores de sostenibilidad ambiental, sino también para evidenciar todo el proceso de consolidación de Eco barrios.

3.4 . Taller de capacitación en toma de datos y socialización de las herramientas “MEMENTO” y “GOOGLE SITE”

El 2 de abril, en las instalaciones de la Biblioteca Departamental de la ciudad de Cali, se realizó una capacitación a los investigadores ciudadanos para el manejo de las tablets, así como la metodología utilizada para la definición y toma de datos.

Esta capacitación fue dirigida a los encuestadores seleccionados en los ecobarrios (Salomia-Sena, Urbanización Aguacatal, Altos de Santa Helena y San Antonio) en el marco del convenio 046 del 2018 entre CVC, DAGMA y Universidad del Valle para implementar acciones de adaptación y mitigación del Cambio Climático para Santiago de Cali.

Se socializa la metodología utilizada para la determinación de la muestra (ecuación) y se aborda la herramienta “memento”, la cual se utilizará para el desarrollo de la medición de los indicadores de sostenibilidad ambiental, cuyo instrumento será la encuesta.

Se realiza un ejercicio práctico, dividiendo el grupo en parejas y cada una, se les entrega una Tablet, la cual cuenta con la herramienta “memento” instalada y se procede a diligenciar la encuesta con los presentes, con el fin de familiarizar a los presentes con dicho instrumento.

Finalmente, se presenta la herramienta Google Site, iniciando con la socialización de Google Sheet, donde se evidencian las hojas de cálculo utilizadas para el procesamiento de los datos y la generación de gráficas. Al igual se muestra un ejemplo de manejo de Google Sites, para la presentación de resultados a partir de la generación de mapas, comparación de gráficas e indicadores (Se adjunta listado de asistencia).

LISTADO DE ASISTENCIA A REUNIÓN				
Convenio 046 de 2018		EJE TEMÁTICO: ECOBARRIOS		
Fecha: 02/04/2019				
Lugar: Biblioteca Departamental Jorge Guevara - Sala 01				
NOMBRE Y APELLIDO	ORGANIZACIÓN COMUNITARIA	TELÉFONO	CORREO ELECTRÓNICO	FIRMA
Flore Maria Delgado Gordillo	Altos de Santa Helena	3153641244	henia2013@hotmail.com	Flor Maria Delgado
Humberto Sánchez	San Antonio	3128420407	marcosandys.anshe@gmail.com	Humberto Sánchez
Felipe A. Martínez	San Antonio	3175334220	Felipe.Martinez5@gmail.com	Felipe A. Martínez
Sara Jimenez Zúiga	Urb. Aguacatal	3146748823	SarasJimenez2602@gmail.com	Sara Jimenez
Gladys Delprado	Proceda Comuna 5	300-777052	gladys-delprado9399@hotmail.com	Gladys Delprado

Ilustración 2. Listado de asistencia del 2 de abril.



Ilustración 3. Actividad de capacitación a los encuestadores sobre las herramientas de MEMENTO y GOOGLE SITE.

3.4.1 Capacitación de encuestadores.

Se realiza una capacitación personalizada con las 2 encuestadoras que apoyan el proceso de la encuesta del Barrio Altos de Santa Elena, donde se aborda de manera general y a manera de recordatorio la importancia en la veracidad de los datos. Las dos personas seleccionadas hacían parte de la comunidad y del diplomado de Ecobarrios que se brindó en el barrio, como parte de la consolidación de la transformación urbana en la zona.

Se hace entrega de los materiales (tablets y chalecos) y se realiza la revisión de cada una de las preguntas, con el fin de resolver dudas, haciendo énfasis en la generación de promedios y que los datos de consumo de los alimentos que dieran los encuestados se debían colocar en la unidad de libras por mes.

Por último, se realiza un ejercicio práctico a partir del juego de roles, para familiarizar a las encuestadoras con el instrumento. Al final del ejercicio, se sincronizan los datos con Google drive, asegurando el seguimiento del proceso.

3.5 . Encuesta

Los datos necesarios para realizar la estimación de los indicadores de sostenibilidad mencionados anteriormente se realizan por medio de encuestas. Realizando un estudio de las hojas de cálculo para la estimación de los indicadores de cambio climático, se seleccionaron las preguntas correspondientes a las entradas de ésta.

3.6 Método de monitoreo y evaluación

Para realizar el monitoreo y evaluación del barrio Altos de Santa Elena, se realizó el levantamiento de la misma información capturada para la estimación de los indicadores correspondientes al año 2017, dentro del convenio interadministrativo No. 165 de 2017. En este proceso de evaluación se realizó una estimación basada en la misma metodología, solo con la diferencia de que el tamaño de muestra se redujo de 150 a 100 encuestas, y se utilizó el instrumento de Memento Database para crear la encuesta y recopilar la información, para garantizar la consistencia de la estimación y una comparación válida de los resultados año a año, se utilizó el mismo instrumento de hojas de cálculo del convenio anterior.

Se realizó la capacitación de las dos habitantes del sector, que fueron las encargadas de realizar la recolección de información; se decide trabajar con personas de la comunidad para facilitar la interacción con los entrevistados, además de la formación de capital instalado dentro del barrio, para posteriores procesos. Las encuestas intentaron no ser realizadas a exactamente los mismos hogares que fueron visitados dentro del convenio No. 165 de 2017, esto con el fin de que el proceso de ecobarrios sea monitoreado a nivel de barrio y no a nivel de unos hogares en específico, con el fin de medir el nivel de esparcimiento de la información y capacitaciones realizadas en el diplomado formador de formadores.



Ilustración 4. Encuestadoras realizando el proceso de recolección de información.

4. RESULTADOS

Tabla 2. Resultados de indicadores de cambio climático en las dos fases.

Indicador	Altos de Santa Elena	
	2018	2019
Índice de Resiliencia Urbana Medio-Ambiental	44,50	66,88
Índice sociodemográfico	48,90	70,86
Índice de ingresos	34,37	45,40
Índice de redes de emergencia	80,00	90,67
Índice de cohesión comunitaria	36,20	61,85
Índice de recursos naturales	5,32	30,86
Índice de gestión ambiental	40,29	61,71
Huella Hídrica Total (promedio por hogar) m3	1581245,99	1433635,04
Huella Hídrica directa (promedio por hogar) m3	1492,08	1997,24
Huella Hídrica indirecta (promedio por hogar) m3	1579753,89	1431637,79
Huella Hídrica per-cápita m3	502897,51	405641,79
Huella de Carbono Total (promedio por hogar) kgCO2/año	17095,88	3449,90
Huella de Carbono por consumo de electricidad kgCO2/año	211,23	199,34
Huella de Carbono por consumo de combustible para cocinar kgCO2/año	197,30	207,19
Huella de Carbono por desplazamiento urbano kgCO2/año	2711,31	741,39
Huella de Carbono por viajes en avión kgCO2/año	30,86	17,62
Huella de Carbono por consumo de productos kgCO2/año	13945,18	2284,36

4.1 Huella Hídrica

Para el barrio Altos de Santa Elena se presenta una disminución significativa de la huella hídrica total, pasando de 1581245,99 m³ a 1433635,04 m³ por año, lo que equivale a una disminución de 9,33% correspondiente a más de 147000 m³ al año. Esta disminución se da en la huella hídrica indirecta debido a la reducción del consumo de alimentos como carne de res, pollo y cerdo, además, del consumo de arroz; esto da como resultado una disminución del consumo indirecto del recurso hídrico por la gran cantidad de agua que estos consumen para su producción, especialmente de los derivados de la industria ganadera.

Se denota un pequeño aumento respecto a la huella hídrica directa, pasando de tener un consumo en el año 2018 de 1492,08 m³ a 1997,24 m³ en el año 2019, lo que refleja un aumento en el consumo de 505,16 m³ proveniente del acueducto por año. Este resultado puede darse por varios factores temporales y fenómenos climáticos como el aumento de las temperaturas.

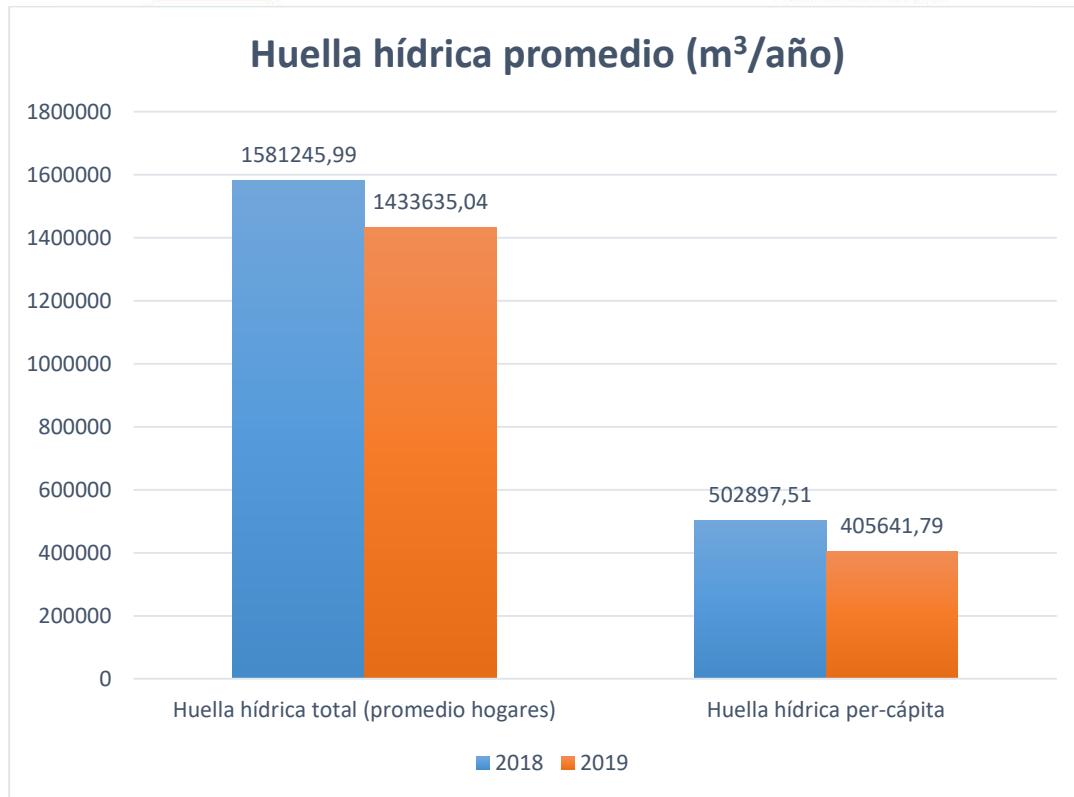


Ilustración 5. Gráfico de barras comparativas entre la huella hídrica de 2018 vs 2019.

4.2 Huella de carbono

Se denota una disminución significativa en la huella de carbono total en el barrio Altos de Santa Elena, pasando de 17095,88 kgCO₂eq/año en el 2018 a 3449,90 kgCO₂eq/año en el 2019, correspondiente a una reducción de 13645,98 kgCO₂eq/año que se dejaron de emitir. Al realizar un análisis de los datos, se refleja que la mayor diferencia se encuentra en el ítem “*huella de carbono por consumo de productos*”, se procedió a revisar los datos del año 2018 y se encontró en este ítem, que la conversión de libras por semana a kilogramos por año presentaba una inconsistencia en la fórmula, lo que arrojó un comportamiento atípico en el consumo de los productos mostrando un mayor consumo de lo que realmente debería ser según los datos recopilados por los encuestadores en el levantamiento de la línea base en el 2018.

Se presentó una ligera disminución en la huella de carbono por consumo de electricidad y viajes en avión, además, se observa una disminución significativa en el desplazamiento

urbano, mostrando una reducción de este ítem del 72,65% de las emisiones de kgCO_2eq , lo cual representa una disminución de 1969,92 kgCO_2eq al año.

Por ultimo se refleja un pequeño aumento en la generación de kgCO_2 por el aumento de combustible para cocinar.

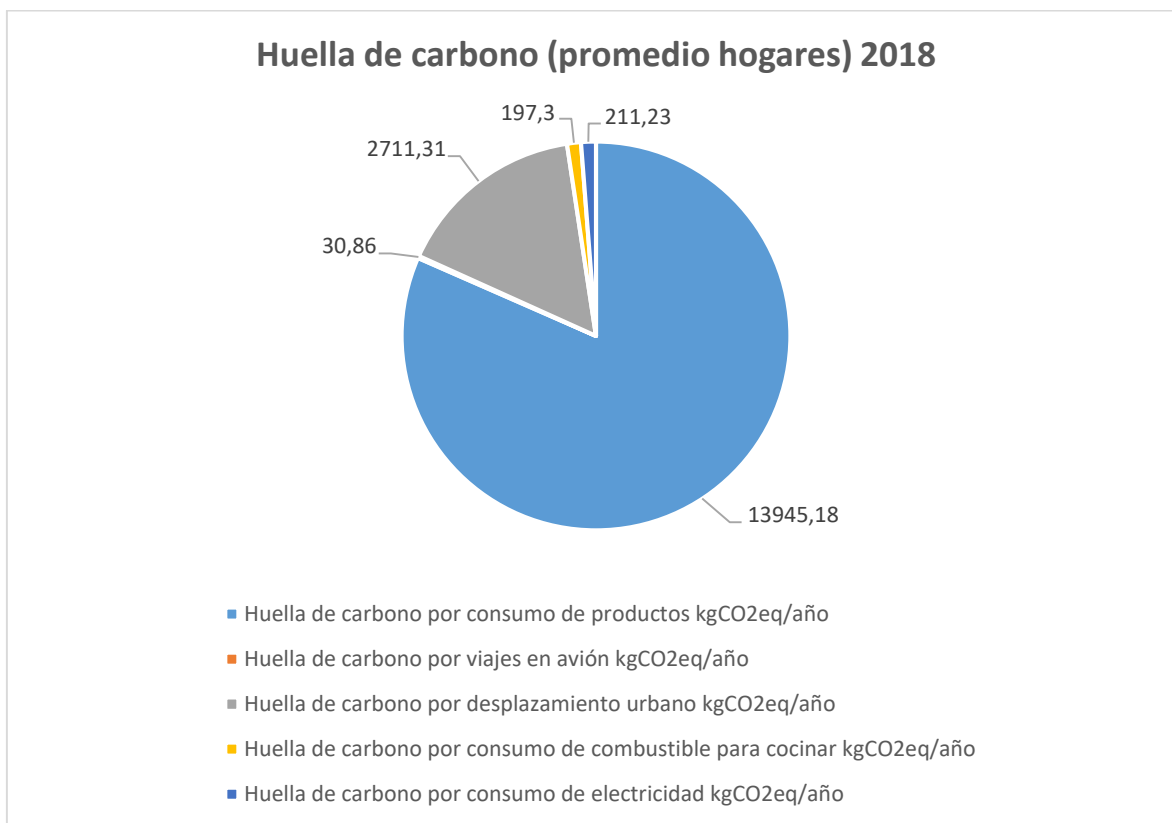
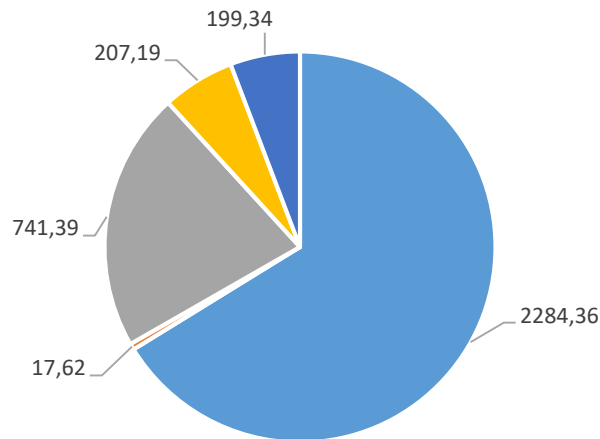


Ilustración 6. Índice de huella de carbono hogares 2018 barrio San Antonio.

Huella de carbono (promedio hogares) 2019



- Huella de carbono por consumo de productos kgCO₂eq/año
- Huella de carbono por viajes en avión kgCO₂eq/año
- Huella de carbono por desplazamiento urbano kgCO₂eq/año
- Huella de carbono por consumo de combustible para cocinar kgCO₂eq/año
- Huella de carbono por consumo de electricidad kgCO₂eq/año

Ilustración 7. Índice de huella de carbono hogares 2019 barrio San Antonio.

4.3 Resiliencia Urbana

Para el índice de resiliencia urbana medio-ambiental, se observa que hay un aumento en general en todos los índices, mostrando un aumento significativo en los indicadores sociodemográfico, cohesión comunitaria, recursos naturales y gestión ambiental, paralelamente se denota un aumento no tan significativo pero de importancia en los indicadores de ingresos y redes de emergencia.

Índice de resiliencia e indicadores que lo componen. Altos de Santa Elena

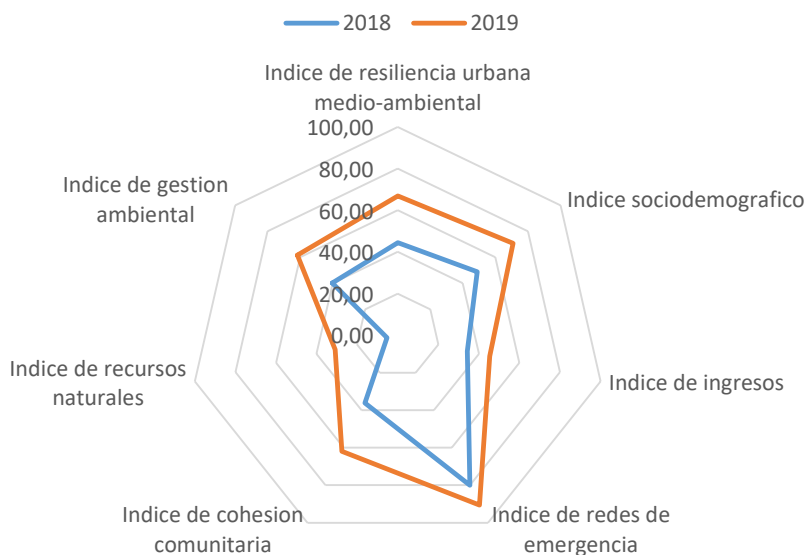


Ilustración 8. Índice de resiliencia urbana en el barrio Altos de Santa Elena 2018-2019.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Uno de los principales resultados en el barrio Altos de Santa Elena es la disminución en la huella hídrica, debido a la reducción en el consumo de alimentos, los cuales por su proceso de producción requieren grandes volúmenes de agua. Además, se presenta un aumento en el consumo de agua que proviene del acueducto, motivo por el cual se recomienda trabajar con la comunidad para enfatizar y recordar la importancia del recurso hídrico.

Respecto al indicador de huella de carbono se obtuvo una pequeña disminución en los índices de consumo por electricidad y viajes en avión, se observó además un pequeño aumento en el ítem de combustible para cocinar, donde se recomienda seguir trabajando con la comunidad para explicarles de manera teórico-práctica las implicaciones que conlleva la quema de los combustibles fósiles; también, se mostró una reducción significativa en las emisiones por desplazamiento urbano, dando cabida a seguir incentivando a la comunidad el uso de bicicletas y medios de transporte colectivos con un funcionamiento de energías alternativas. Adicional, se recomienda realizar una revisión a los datos y las fórmulas utilizadas para la huella de carbono por consumo de productos, ya que posiblemente se encuentre un error en la conversión de libras/Semanas a kilogramos/año.



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

Por último, para el índice de resiliencia urbana se encontró un aumento en todos los indicadores, por lo cual se recomienda seguir trabajando para seguir incentivando este cambio positivo en la comunidad.