



Huellas

de Ciudades

Fortalecimiento de la capacidad
de gestión ambiental del Gobierno
municipal de Santa Cruz de la Sierra

#12

Ciudad de Santa Cruz de la Sierra

Huella

de
Ciudades

12



Ciudad de Santa
Cruz de la Sierra



TÍTULO

Serie Huella de Ciudades N° 12 Ciudad de Santa Cruz de la Sierra

Depósito Legal: DC2020001193
ISBN: 978-980-422-198-9

EDITOR

CAF
Vicepresidencia de Desarrollo Sostenible
Dirección de Sostenibilidad, Inclusión y Cambio Climático

AUTOR

Servicios Ambientales S.A.

EQUIPO DE TRABAJO

Edgar Salas

Sandra Mendoza

Nara Vargas

Sintia Yáñez

Cecilia Guerra

Juan Carlos Palacios

Mauricio Velásquez

Marcos Mejía

Diseño gráfico:

Good, Comunicación para el Desarrollo Sostenible

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.

Esta y otras publicaciones se encuentran disponibles en:
scioteca.caf.com

© 2017 Corporación Andina de Fomento

Todos los derechos reservados.



Contenido

01_ Antecedentes	8
02_ Descripción de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra	10
03_ Proyecto Huella de Ciudades: Santa Cruz	14
04_ Resultado del cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra	16
05_ Resultado del cálculo de huellas de la Ciudad de Santa Cruz	26
06_ Plan de Acción	36
07_ Proyectos Piloto	46
08_ Redes y alianzas	50
09_ Creación de capacidades en Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz	52
10_ Logros, lecciones y desafíos	54



Presentación

Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), junto con Fortaleza (Brasil) y Guayaquil (Ecuador), hizo parte de la fase II del Proyecto Huella de Ciudades. La experiencia en Santa Cruz de la Sierra –realizada en el periodo 2014-2015– fue relevante, dado que se trata de la ciudad con mayor tasa de crecimiento urbano y económico de Bolivia, además de formar parte de una de las tres áreas metropolitanas más importantes de Bolivia, junto con los municipios de Cotoca, Porongo, La Guardia, El Torno y Warnes. Los resultados del proyecto generaron interés de réplica y escalamiento al área metropolitana. Esta publicación de la serie *Huella de Ciudades* describe la implementación del proyecto y sus resultados en términos operativos y estratégicos.

El municipio de Santa Cruz de la Sierra se ubica en la región oriental de Bolivia y cuenta con una extensión de 312 km². Es la sección capital de la provincia Andrés Bóñez y la ciudad capital del departamento de Santa Cruz. En 2014, tenía una población de 1.517.505 habitantes¹.

El municipio es administrado por el Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz (GAMSC), encabezado por el señor Percy Fernández Áñez, quien fue alcalde del municipio durante las gestiones 1990 a 1994, y reelegido para 2005-2009, 2010-2014 y 2015-2020.

El GAMSC y la ciudad de Santa Cruz de la Sierra fueron los principales beneficiarios del proyecto Huella de Ciudades. Los resultados –más allá del cálculo de las huellas– permitieron, por parte de las autoridades locales, un conocimiento más amplio respecto a la problemática del cambio climático.

¹ Estimaciones con base en datos del INE, Programa Desarrollo del Poder Local, 2009; Gobierno municipal de Santa Cruz de la Sierra, 2003.

Ilustración 1. Vista de la Catedral Basílica San Lorenzo de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra

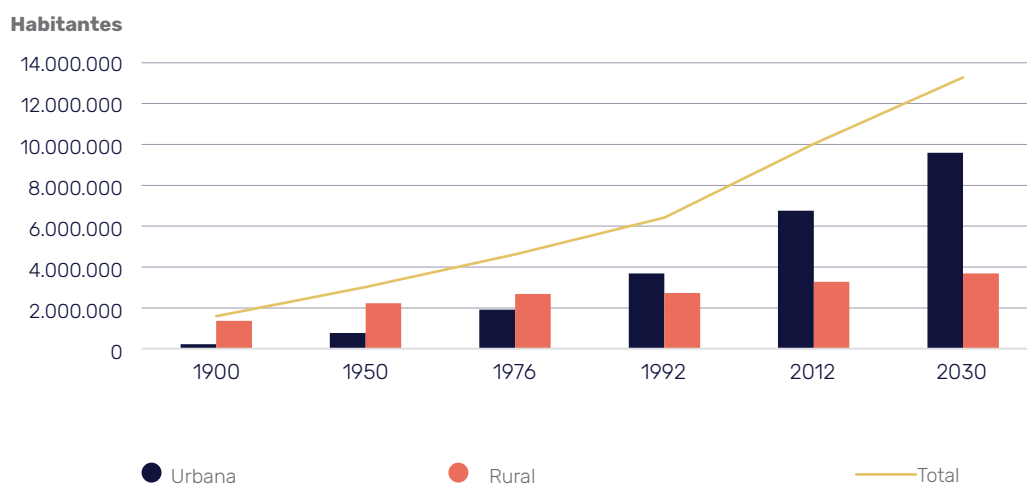


 01

Antecedentes

Bolivia encara un acelerado ritmo de urbanización, pasando de tres millones de habitantes –25 % urbano– en 1950, a 10 millones de habitantes –67 % urbano– en 2012 (en solo 50 años), y se proyecta que en 2030 el 72 % de la población será urbana en Bolivia².

Figura 1. Población histórica y proyectada de Bolivia (1900-2030)



Fuente. Elaboración propia con base en datos de Instituto Nacional de Estadística (INE).

Esto genera una mayor presión en los ecosistemas, haciendo a las ciudades más vulnerables a los efectos del cambio climático, además del incrementar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en sectores tales como Transporte y Energía.

El crecimiento urbano hace que las ciudades sean más vulnerables a los efectos del cambio climático, debido a que el desarrollo del transporte, la ampliación de la mancha urbana, el consumo de bienes y servicios, la generación de residuos, entre otros, generan mayor presión en los ecosistemas y se incrementa la demanda de agua, reduciendo su disponibilidad, se promueve la distribución de vectores y se afecta la salud de la población.

² Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia.

02

Descripción de
la ciudad de
Santa Cruz
de la Sierra

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra, cercana al centro geográfico de Sudamérica, está situada en el margen derecho del río Pirai, el cual avanza hacia el norte para desembocar en el río Grande o Guapay, parte de la cuenca amazónica. Tiene una altitud media sobre el nivel del mar de 416 m, una superficie de 312 km² y una topografía plana.

El municipio de Santa Cruz de la Sierra es la sección capital de la provincia Andrés Ibáñez y la ciudad capital del departamento de Santa Cruz. El clima local puede describirse como cálido y perhúmedo la mayor parte del año, alcanzando temperaturas medias de 30 °C, y de 16 °C en invierno.

El municipio consta de 15 distritos o zonas, que a su vez se dividen en unidades vecinales y barrios. Del total de distritos, 12 son urbanos y tres son rurales. Urbanísticamente, la ciudad está formada por 12 anillos concéntricos, distanciados entre uno y tres kilómetros entre sí.

³ Los datos de población al 2014 fueron estimados en base al resultado del censo INE 2012 y tomando en cuenta la tasa de crecimiento anual de la población que corresponde al 2,2 % anual para la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Tabla 1. Población, densidad poblacional y superficie.

Distritos	Tipo de distrito	Población 2014 ³ (habitantes)	Superficie (ha)	Densidad (hab./ha.)	% de población
1	Urbano	163.565	1.578	104	11
2		112.824	936	121	7
3		59.403	1.026	58	4
4		117.402	1.086	108	8
5		116.349	1.700	68	8
6		98.387	1.768	56	6
7		145.820	1.163	125	10
8		210.494	2.500	84	14
9		109.833	2.010	55	7
10		134.420	2.472	54	9
11		109.003	943	116	7
12		115.126	3.728	31	8
13	Rural	13.289			0,9
14		6.643	10.290	2	0,4
15		4.946			0,3
TOTAL		1.517.505	31.200		

Fuente. Estimaciones con base en datos del INE, Programa Desarrollo del Poder Local, 2009; Gobierno municipal de Santa Cruz de la Sierra, 2003.

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra –al igual que otras ciudades en la región– ha sido afectada por los impactos provocados por el cambio climático, principalmente respecto a la disponibilidad de recursos hídricos.

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra –al igual que otras ciudades en la región– ha sido afectada por los impactos provocados por el cambio climático, principalmente respecto a la disponibilidad de recursos hídricos. El agua potable usada en todos los sectores de la ciudad proviene de cuerpos de agua subterráneos, sin embargo, pocos estudios se han realizado para analizar el volumen de agua disponible en el tiempo. Como antecedentes, se tienen algunos estudios que señalan que el volumen estimado de agua subterránea de reserva podría conllevar a problemas de escasez para el año 2025^[4], sin embargo, esta información requiere ser validada a través de una fuente oficial. Sumado a ello, aproximadamente el 6 % de los sectores Residencial y Comercial⁵, y el 86 % en el sector Industrial⁶, se abastecen de agua subterránea no controlada, es decir, que se extrae de pozos construidos por particulares y que no pertenecen a la red de distribución de agua.

De 2015 a 2016, el país enfrentó una importante escasez de agua, debido a evaporación acelerada causada por escasez de lluvia y calentamiento global. Esto se observó con claridad en las lagunas secas y en las represas que se encontraban en sus niveles más bajos. La reducción en las lluvias a causa de estas variaciones climáticas tuvo impacto en el departamento de Santa Cruz, La Paz, El Alto, Cochabamba y Tarija, afectando a más de 10.200 familias. En 2017, el fenómeno ha afectado a un total de 5.605 en tres provincias⁷.

Para fines de conservación del agua y a partir de la escasez constante en la ciudad de La Paz, Santa Cruz de la Sierra desarrolló una norma municipal para su uso eficiente con la apertura de un fondo de agua municipal. El Fondo de Agua para Santa Cruz (Fonacruz), iniciativa impulsada por el Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz, es un fondo patrimonial público-privado con identidad legal de fideicomiso. Tiene como objetivo proteger las fuentes de agua de Santa Cruz, garantizando agua en cantidad y calidad adecuada para los ciudadanos y el sector productivo. Los intereses generados por el fondo se utilizan para financiar o cofinanciar proyectos y programas de conservación de las cuencas que abastecen de agua a la ciudad de Santa Cruz. Para esto, realizan actividades de protección de cuencas hidrográficas y vigilancia de áreas protegidas, principalmente.

⁴ <http://eju.tv/2014/01/se-nos-termina-el-agua-potable-que-consume-la-ciudad-de-santa-cruz/>

⁵ Dato de porcentaje estimado a partir de un balance de agua considerando el volumen de agua facturado y el volumen de agua tratada en las PTAR proveniente de estos sectores, revisado y validado por los técnicos del GAM de Santa Cruz de la Sierra y la empresa Saguapac.

⁶ Según las fichas de reporte de las industrias al GAM de Santa Cruz de la Sierra para el monitoreo ambiental.

⁷ Según Juan Carlos Ibáñez, director del Centro de Operaciones de Emergencias Departamentales de la Gobernación de Santa Cruz (COED), publicado en la nota de prensa disponible en: <http://eju.tv/2017/10/sequia-y-chaqueos-se-ensanan-contra-los-crucenos/>

03

Proyecto
Huella de
Ciudades:
Santa Cruz

En 2012, nace el Proyecto Huella de Ciudades como una iniciativa de CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, con el apoyo de CDKN – Alianza Clima y Desarrollo como cofinanciadora, FFLA – Fundación Futuro Latinoamericano en su rol de facilitadora, y la empresa boliviana SASA – Servicios Ambientales S.A. como consultora.

El principal objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en Santa Cruz de la Sierra, fue apoyar a la prefectura municipal de Santa Cruz de la Sierra en el desarrollo e implementación de estrategias municipales de mitigación y adaptación al cambio climático, a través del cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica de la ciudad (como territorio) y de su propia institución –incluidos los servicios públicos que brindan a la población–; la elaboración de un portafolio de proyectos de inversión orientados a la reducción de las huellas (plan de acción); la implementación de acciones piloto con potencial de escalamiento; el involucramiento de los actores relevantes de la sociedad en busca de sinergias para abordar el problema de forma colectiva y ,finalmente, la creación y fortalecimiento de las capacidades locales en del Gobierno municipal para la gestión de las huellas.

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra, junto con Fortaleza y Guayaquil, forma parte de la fase II del proyecto, que fue ejecutada en las gestiones 2014 y 2015. El desarrollo del proyecto cumplió cinco etapas:

- Cálculo de la huella de carbono (HC) y la huella hídrica (HH) del GAMSC.
- Cálculo de la HC y HH de la ciudad como territorio.
- Elaboración de un plan de acción de la ciudad para la reducción de huellas.
- Implementación de acciones piloto para la reducción de huellas.
- Comunicación y capacitación.

El cálculo de las huellas, tanto para el Gobierno municipal como para ciudad, se realizó para la gestión 2014 (enero a diciembre).

El principal objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en Santa Cruz de la Sierra, fue apoyar a la prefectura municipal de Santa Cruz de la Sierra en el desarrollo e implementación de estrategias municipales de mitigación y adaptación al cambio climático, a través del cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica de la ciudad (como territorio) y de su propia institución –incluidos los servicios públicos que brindan a la población–.

 04

Resultado del
cálculo de
huellas del
Gobierno
Autónomo
Municipal de
Santa Cruz de
la Sierra

El Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra se constituye en una de las instituciones más grandes del departamento de Santa Cruz y, sin lugar a dudas, una de las más importantes en relación con políticas de desarrollo local, además de ser el eje central de la región metropolitana del departamento.

En la gestión 2014, la estructura del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz estuvo conformada por 12 secretarías y 15 subalcaldías, con un número aproximado de 3.200 funcionarios que realizan actividades administrativas y operativas, destinadas al desarrollo integral del municipio.

Por el tamaño de esta institución y la atomización de sus unidades (distribuidas en todo el territorio del municipio), se han seleccionado y priorizado instalaciones y dependencias para la evaluación de las huellas. Estas instalaciones y dependencias han sido categorizadas en tres niveles: secretarías, subalcaldías y servicios a la ciudad.

En la siguiente figura se especifica la división administrativa del GAMSC:

Figura 2. Organización de los niveles de la GAMSC



Fuente. Informe de cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz.

Las instalaciones y dependencias priorizadas han sido seleccionadas a partir de los siguientes criterios:

- Consumo de combustibles, energía eléctrica y agua.
- Tipo de actividad que realizan (implican un nivel de consumo importante de recursos).

Tabla 2. Unidades municipales evaluadas

Nivel		
Secretarías	Subalcaldías	Servicios a la ciudad
• Alcaldía Uv - Cv Mza. 05	• Subalcaldía del Distrito 1	• Bibliotecas
• Dpto. Servicios Generales	• Subalcaldía del Distrito 2	• Cementerios*
• Oficina GAMSC	• Subalcaldía del Distrito 3	• Centros comunitarios
• Edificio Auditoría Interna - Torrico Valentina	• Subalcaldía del Distrito 4	• Centros culturales*
• Edificio Córdoba I - Leonardo Ribera R.	• Subalcaldía del Distrito 5	• Centros infantiles
• Maestranza Alcaldía - Dpto. Mantenimiento	• Subalcaldía del Distrito 6	• Emacruz
• Secretaría De Parques Y Jardines	• Subalcaldía del Distrito 7	• Capillas
• Vice Ministerio De Justicia	• Subalcaldía del Distrito 8	• Museos
• Dirección De Gestión Catastral	• Subalcaldía del Distrito 9	• Seguridad ciudadana*
• Oficinas administrativas de la Secretaría Municipal de Derechos Humanos.	• Subalcaldía del Distrito 10	• Servicios sociales*
• Secretaria Municipal de Planificación (Edificio Córdoba II)	• Subalcaldía del Distrito 11	• Semáforos*
• Edificio Central GAMSC	• Subalcaldía del Distrito 12	• Centros de salud*
• Oficina Sepes	• Subalcaldía del Distrito 13	• Maestranza y refinería*
• Dpto. Ornato Público - Alcaldía Municipal	• Subalcaldía del Distrito 14	
	• Subalcaldía del Distrito 15	

Considerados para HC.

Fuente. *Elaboración propia.*

Huella de carbono

El cálculo de huella de carbono fue elaborado siguiendo los procedimientos del Protocolo Internacional de Análisis de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de gobiernos locales desarrollado por ICLEI - Gobiernos Locales por la Sustentabilidad,

cumpliendo con los lineamientos establecidos en la norma internacional ISO 14064-1:2006, y los lineamientos técnicos establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Las fuentes de emisión categorizadas según los alcances 1, 2 y 3 que establece la ISO 14064, y que fueron identificadas a partir del análisis de las actividades que realizan los funcionarios del GAM de Santa Cruz de la Sierra en las unidades municipales evaluadas, se mencionan a continuación:

Tabla 3. Fuentes de emisión de GEI consideradas en el estudio

Fuentes de emisión	
Alcance 1	Consumo de gasolina (combustión móvil)
	Consumo de diésel (combustión móvil)
	Consumo de gas natural (combustión estacionaria)
Alcance 2	Consumo de energía eléctrica
Alcance 3	Consumo/uso de papel
	Generación de residuos sólidos

Fuente. Informe de cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz.

Las emisiones que se encuentran dentro de los dos primeros alcances, según lo que establece la Norma ISO 14064:1 deben ser reportadas en el inventario de GEI de forma obligatoria, a diferencia de las emisiones del alcance 3, que son de reporte voluntario. Esto se debe a que como las emisiones de alcance 3 no están directamente controladas por la organización –en este caso, la GAMSC–, las posibilidades de implementar acciones de reducción son menores.

Las fuentes de información para obtener los datos de consumos y los datos de actividades del GAMSC se mencionan en la tabla 4. Los consumos de combustibles (gasolina, diésel y gas natural), energía eléctrica y materiales fueron proporcionados por la administración del GAMSC. El dato de cantidad de residuos sólidos, que genera un funcionario del GAMSC, fue estimado a partir de promedios de generación per cápita de residuos sólidos comunes de oficina en sectores administrativos de Bolivia⁸.

La siguiente tabla muestra las fuentes de emisión identificadas en el GAMSC y la fuente de información utilizada.

Las emisiones que se encuentran dentro de los dos primeros alcances, según lo que establece la Norma ISO 14064:1 deben ser reportadas en el inventario de GEI de forma obligatoria, a diferencia de las emisiones del Alcance 3 que son de reporte voluntario.

⁸ Este factor fue obtenido promediando datos de generación de residuos per cápita en empresas del sector de la banca, sectores administrativo y de servicios en Bolivia, inventarios de emisiones desarrollados por Servicios Ambientales S.A. (valor = 0,3 kg/día) y considerando la cantidad de personal reportada, de 3.200 funcionarios.

Tabla 4. Fuentes de información e instrumentos empleados para levantar los datos requeridos

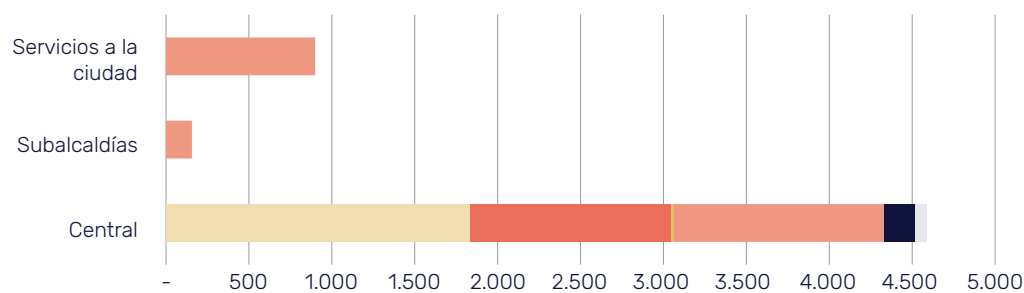
Información requerida					
Alcance 1			Alcance 2	Alcance 3	
Consumo gasolina	Consumo diésel	Consumo gas natural	Consumo energía eléctrica	Uso de papel	Residuos sólidos
NA= No aplica				Estimaciones	
● GAMSC				● Estimaciones	

Fuente. Elaboración propia en base a entrevistas al personal del GAMSC.

⁹ Con base en: CEDLA, Rol e Impacto Socioeconómico de las Energías Renovables en el Área Rural de Bolivia, 2010.

La huella de carbono resultante de estos niveles priorizados alcanza un total de **5.644 t CO₂e**. Estas emisiones equivalen en magnitud a las emisiones de CO₂ generadas por el uso de energía eléctrica en más de 2.540 hogares urbanos en Bolivia en un año⁹, o el carbono secuestrado por 9.256 árboles en 10 años.

Figura 3. Huella de carbono total, según nivel y fuente de emisión (en t CO₂e)



	Central	Subcaldiás	Servicios a la ciudad
● Gasolina	1.838,34	0,00	0,00
● Diésel	1.208,56	0,00	0,00
● GNV	14,59	0,00	0,00
● Electricidad	1.272,72	156,73	899,82
● Uso de papel	182,66	0,00	0,00
● Residuos	70,71	0,00	0,00

Fuente. Informe de cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz.

Entre los principales indicadores obtenidos, se pueden mencionar los siguientes:

- Huella de carbono per cápita: 1,76 t CO₂e
- Consumo de energía eléctrica per cápita: 1.693 kWh
- Consumo de gasolina per cápita: 231 litros

El análisis de la huella de carbono por fuente de emisión muestra que el consumo de electricidad (alcance 2) es la principal fuente, alcanzando el 41 % del total, seguido por el consumo de gasolina (alcance 1), que representa el 33 %. En tercer lugar de importancia, se encuentra el consumo de GNV (alcance 1), con el 22 %, con lo que los tres rubros alcanzan el 96 % de las emisiones calculadas.

Huella hídrica

La huella hídrica (HH) se calculó aplicando el “Manual para la evaluación de la huella hídrica”, elaborado por *Water Footprint Network*, organización socia del proyecto en la fase I, la cual brindó su asesoramiento técnico durante el proceso para asegurar la correcta aplicación del mismo.

Se midieron las HH directas azul y gris, al representar el volumen de agua sobre el que el GAMSC tiene control e impacto directo en la cuenca local. Asimismo, se midió la HH indirecta del producto más consumido, que es el papel para impresión, y se utilizó como indicador el valor estándar de HH equivalente¹⁰. La HH indirecta incluye la medición de la huella gris y verde en el cálculo de la equivalencia por unidad de producto, por lo que se puede decir que es una HH indirecta general, que engloba los tres tipos de huella.

La información requerida para calcular la HH directa total del GAMSC y las fuentes de donde proviene se presentan en la tabla 5. El volumen de agua facturado y la cantidad de papel consumido por el GAMSC en 2014 fueron proporcionados directamente por el GAMSC.

La HH gris se midió tomando en cuenta los parámetros de calidad del afluente. Los indicadores DBO5 y DQO¹¹ se obtuvieron a través de reportes mensuales del efluente residual del sector doméstico que ingresa a las plantas de tratamiento de la ciudad¹².

Para medir la HH azul, se utilizó referencialmente el porcentaje determinado por WFN para el sector Residencial en Bolivia. Las actividades dentro de este sector son comparables con las actividades que se realizan en las oficinas, ya que no implican el uso de agua en actividades operativas¹³. La concentración de contaminantes en cuerpos de agua se determinó según la

Se midieron las HH directas Azul y Gris, al representar el volumen de agua sobre el que el GAMSC tiene control e impacto directo en la cuenca local.

¹⁰ La HH equivalente corresponde al volumen de agua incorporado por unidad de producto, dividida en azul, gris y verde. La WFN provee una lista de equivalencias para algunos productos, incluido el papel.

¹¹ La Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días y la Demanda Química de Oxígeno son parámetros de medición de calidad de agua.

¹² Se consideran actividades administrativas y, por ello, son comparables con la calidad de agua de los sectores Residencial y Comercial de la ciudad, a la entrada de las plantas de tratamiento de agua residual de las cooperativas Saguapac y Coopaguas.

¹³ Report50. National Water Footprints. Volumen 1-1, 2005.

concentración máxima permitida (agua clase "D" del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333), y la concentración natural, tomada de reportes de análisis de agua en diferentes puntos de toma de muestra al ingreso de las plantas de tratamiento de agua de la ciudad.

Tabla 5. Fuentes de información e instrumentos empleados para levantar los datos requeridos

Nivel	Volumen de agua facturado (afluente)	Volumen de agua del efluente	Concentración de contaminantes	Cantidad de hojas de papel para impresión	HH equivalente de hojas de impresión
Secretarías					
Subalcaldías					
Servicios a la ciudad					

● Administración de unidades municipales
 ● Medición Proyecto Huella de Ciudades Santa Cruz
 ● Toma de muestras, análisis de laboratorio a la entrada de las plantas de tratamiento de agua residual
 ● WFN

Fuente. *Elaboración propia.*

A continuación, se presenta un resumen de los datos de actividades utilizados para la medición:

Tabla 6. Resumen de datos de volúmenes de agua utilizados en la evaluación

Nivel	Volumen de agua facturado (afluente m ³)	Volumen de agua del efluente (m ³)	Cantidad de hojas de papel para impresión (Hojas)
Secretarías	73.441	70.329	
Subalcaldías	23.977	22.961	24.000.000
Servicios a la ciudad	258.641	247.682	

Fuente. *Elaboración propia.*

Finalmente, se muestran los valores de calidad de agua utilizados para determinar la HH gris en cada nivel del Gobierno municipal.

Tabla 7. Resumen de parámetros de calidad utilizados en la medición de HH gris

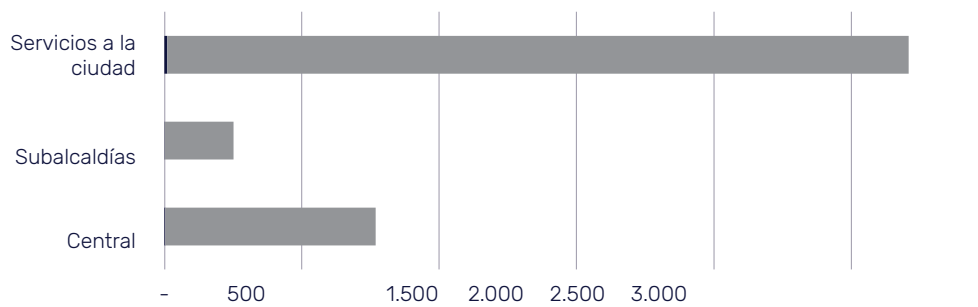
Parámetros de calidad	Nivel		
	Secretarías	Subalcaldías	Servicios a la ciudad
Calidad máximo permisible DBO5 (mg/l)	30	30	30
Calidad máximo permisible DQO(mg/l)	60	60	60
Calidad natural DBO5 (mg/l)	2	2	2
Calidad natural DQO(mg/l)	3,33	3,33	3,33
Calidad del afluente DBO5 (mg/l)	2	2	2
Calidad del afluente DQO(mg/l)	3,33	3,33	3,33
Calidad del efluente DBO5 (mg/l)	307,08	307,08	307,08
Calidad del efluente DQO(mg/l)	511,80	511,80	511,80

Fuente. Elaboración propia.

La HH total directa del GAMSC fue **3.729.194 m³** en la gestión 2014, compuesta en 99,6 % por la HH gris y 0,4 % azul. Este resultado muestra que, por cada litro de agua facturada consumida en el Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz, se requieren 10 litros para asimilar la carga contaminante producto de su uso¹⁴.

La mayor proporción de la HH del GAMSC proviene del agua requerida para asimilar las aguas residuales de la institución y convertirlas en aptas para agricultura, industrias y abrevaderos de animales.

¹⁴ Este valor se calculó con base en el análisis de consumo de agua facturada en todos los niveles organizacionales de medición, respecto a la HH gris generada.

Figura 4. Huella hídrica total según nivel y tipo de huella (en millones de m³)

	Central	Subalcaldías	Servicios a la ciudad
● HH azul	3.112	1.016	10.959
● HH gris	766.072	250.111	2.697.924

Fuente. Informe de cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz.

Las actividades operativas y de servicio de los centros de atención a la ciudadanía son las causantes del mayor aporte en la huella, en especial en la generación de HH gris, es por ello que este factor debe tomarse como punto focal para la gestión de la huella.

 05

Resultado
del cálculo
de huellas de
Santa Cruz de
la Sierra

Como se mencionó anteriormente, para la evaluación de las huellas de la ciudad, se han tomado en cuenta los 15 distritos, esto es, el 100 % de la población del municipio.

Huella de carbono

De acuerdo con los límites de la evaluación de la HC de la ciudad (geográficos y sectoriales), la disponibilidad de información y los objetivos del estudio, las fuentes de emisión que se reportan en el presente estudio corresponden al nivel de reporte: Básico¹⁵.

En la siguiente tabla, se especifican las fuentes de emisión incluidas en la evaluación:

¹⁵ GPC Básico: Incluyen las emisiones de alcances 1 y 2 de las categorías: unidades estacionarias, unidades móviles, residuos, procesos industriales y uso de productos.

¹⁶ Excluyendo residuos tratados provenientes de otras ciudades.

Tabla 8. Fuentes de emisión de GEI consideradas en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra

	Fuentes de emisión de GEI		Datos de actividad
	Alcance 1	Alcance 2	
Unidades estacionarias			
Edificios residenciales	Emisiones directas		Consumo de combustibles
		Emisiones indirectas de energía	Consumo de energía eléctrica
Instalaciones comerciales/institucionales	Emisiones directas		Consumo de combustibles
		Emisiones indirectas de energía	Consumo de energía eléctrica
Uso industrial de energía	Emisiones directas		Consumo de combustibles
		Emisiones indirectas de energía	Consumo de energía eléctrica
Unidades móviles			
Transporte sobre vía o camino	Emisiones directas		Consumo de combustibles
Residuos			
Disposición de residuos sólidos	Emisiones de rellenos localizados dentro de los límites		Cantidad de residuos generados
Tratamiento biológico de residuos	Emisiones directas por tratamiento de residuos localizadas dentro de los límites ¹⁶		Cantidad de residuos tratados
Uso de productos			
Uso de productos	Emisiones directas por uso de productos (disolventes)		Cantidad de disolventes utilizados a nivel industrial dentro de los límites

Fuente. *Elaboración propia.*

Los consumos de combustibles (gasolina, diésel, GLP y gas natural) fueron proporcionados por YPFB¹⁷, y fueron considerados con base en el volumen de combustibles vendidos¹⁸ en el área comercial de Santa Cruz de la Sierra, por distribuidores localizados dentro de los límites de la ciudad. Se consideró en la categoría de uso de productos a la gasolina como disolvente, ya que es utilizado para la fabricación de pinturas y es registrado por YPFB en la categoría industrial.

Los consumos de energía eléctrica fueron proporcionados por la CRE¹⁹, al igual que en el caso de YPFB, a través de una nota oficial enviada a la gerencia de esta cooperativa. Los volúmenes de agua ingresada a plantas de tratamiento y sus calidades fueron proporcionados por Saguapac, que cuenta con cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales e industriales y Coopaguas, que tiene una planta de tratamiento de efluentes residuales.

Finalmente, la información relacionada al manejo de rellenos sanitarios, la cantidad y caracterización de los residuos sólidos en la ciudad fue proporcionada por personal de la empresa Emacruz²⁰, quienes son los responsables del manejo del relleno sanitario de Normandía.

Las fuentes de información para obtener los datos se detallan en la tabla a continuación:

¹⁷ Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.

¹⁸ Los combustibles comercializados en Santa Cruz no contienen mezclas con biocombustibles.

¹⁹ Cooperativa Rural de Electrificación.

²⁰ Emacruz: Empresa Municipal de Aseo de Santa Cruz.

Tabla 9. Fuentes de información para levantar los datos requeridos

Sector	Fuentes de emisión						Alcance 2
	Alcance 1						
	Consumo de gasolina	Consumo de diésel	Consumo de gas natural	Consumo de GLP	Residuos	PIUP (Procesos Industriales y Uso de Productos)	Consumo de energía eléctrica
Residencial	NA	NA	●	●	NA	NA	●
Comercial/Institucional	NA	NA	●	●	NA	NA	●
Industrial	●	●	●	●	NA	NA	●
Transporte	●	●	●	NA	NA	NA	NA
Manejo de residuos sólidos	NA	NA	NA	NA	●	NA	NA
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	●	NA	NA
Uso de productos	NA	NA	NA	NA	NA	●	NA

*NA= No aplica

● YPFB

● Emacruz

● INE

● CRE

● Saguapac /
Coopaguas

Fuente. *Elaboración propia.*

La huella de carbono de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra para el año 2014 es de 3.787.848 t CO₂e, y representa aproximadamente un 11 % del total de las emisiones de GEI de Bolivia²¹, sin incluir las emisiones por cambio y uso de suelo, y agricultura.

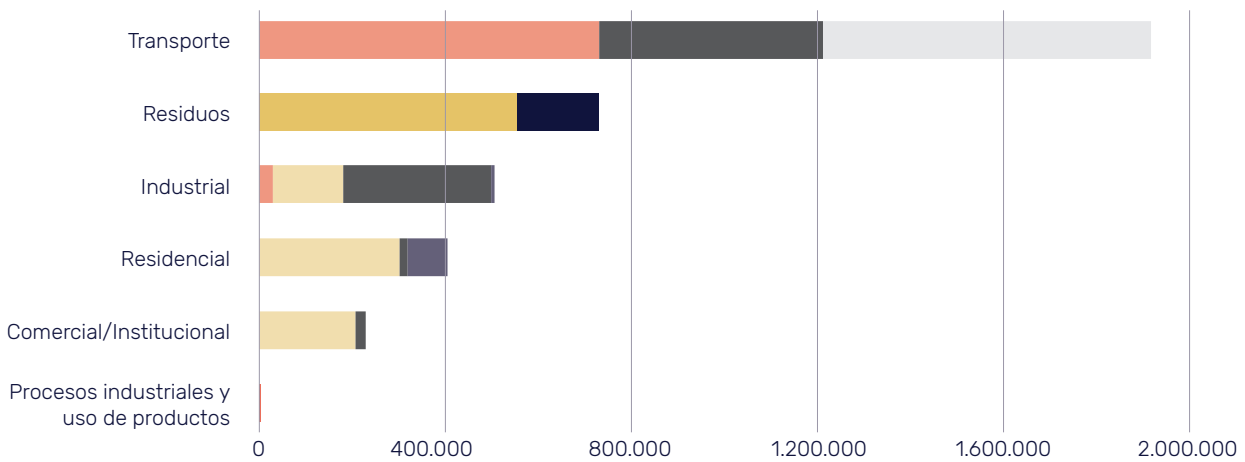
Entre los principales indicadores obtenidos, se pueden mencionar los siguientes:

- Huella de carbono per cápita: 2,5 t CO₂e
- Consumo de energía eléctrica per cápita: 1.012 kWh
- Consumo de gasolina per cápita: 233 litros
- Consumo de diésel per cápita: 176 litros

Del total de la HC de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, se observa (figura 5) que el sector con mayor aporte es el de Transporte, seguido de Residuos e Industrial. Los sectores Residencial y Comercial/Institucional, en total, aportan cerca del 17 % del total de la huella.

²¹ Considerando la información publicada por el Gobierno de Bolivia en 2015, que hace referencia a que el índice de emisión de CO₂ per cápita en el país es de 1,5.

Figura 5. Huella de carbono total según sector y fuente de emisión (en t CO₂e)



	Procesos industriales y uso de productos	Comercial/Institucional	Residencial	Industrial	Residuos	Transporte
● Diésel				28.778,62		730.661,24
● Disolventes	2.827,18					
● Energía eléctrica		207.125,32	301.246,57	151.283,28		
● Gas natural		21.371,04	17.525,15	318.419,44		480.914,00
● Gasolina				169,96		705.814,30
● GLP			85.337,47	6.546,99		
● Residuos					554.079,56	
● Tratamiento de aguas residuales					175.748,16	

Fuente. Informe de cálculo de huellas de la ciudad de Santa Cruz.

Los resultados obtenidos consideran solamente el aporte de la HH directa (azul, gris y verde), debido a que representan el volumen de agua de consumo y contaminación directa dentro de los límites de la ciudad.

Cuando se asocia la información de fuentes de emisión por sector, se observa que las emisiones del sector Transporte –principal emisor de GEI en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra– se deben principalmente al consumo de diésel (38 % de las emisiones totales de este sector) y al consumo de gasolina (36 %), el consumo de gas natural aporta el 25 % a las emisiones de este sector.

El segundo sector emisor de GEI que más contribuye a la huella de la ciudad es el sector de Residuos, con la disposición de 554.079 t de residuos sólidos en el relleno sanitario de Normandía y el tratamiento de 61,7 Hm³ de agua anualmente. Se generan 729.828 t CO₂e, que representan el 19 % de la HC total de la ciudad.

Para los otros sectores, se observa que la principal causa de las emisiones es el consumo de energía eléctrica, cobrando también relevancia en el sector Industrial el uso de gas natural para la generación de la huella.

Huella hídrica

Los resultados obtenidos consideran solamente el aporte de la HH directa (azul, gris y verde), debido a que representan el volumen de agua de consumo y contaminación directa dentro de los límites de la ciudad.

En la siguiente tabla, se resumen los datos requeridos para la evaluación de la HH por tipo de huella (azul, gris y verde), y por sector (Residencial, Comercial, Industrial, Público y Servicios municipales). Asimismo, se encuentran las fuentes de información consultadas para la obtención de estos datos.

Tabla 10. Fuentes de información e instrumentos empleados para levantar los datos requeridos

Sectores	HH Azul	Fuente de información	HH gris	Fuente de información	HH verde	Fuente de información
Residencial	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de agua facturado - Volumen de uso per cápita - Volumen de consumo per cápita 	<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac, Coopaguas - Estadísticas locales del Informe de Indicadores de Desempeño (MMAyA y AAPS). - WFN 		<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac, -Coopaguas - Normativa en materia hídrica - Estudios de concentraciones del parámetro en inicio de las cuencas. 		
Comercial	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de agua facturado - Clasificación por tipo de comercio - Cantidad de funcionarios por tipo de comercio - Uso de agua per cápita de funcionarios administrativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac, -Coopaguas - Fundempresa - Fundación ARU - Encuestas a funcionarios del GAMSC (uso y consumo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de afluente - Volumen de efluente - Concentración en el afluente (DBO y DQO) - Concentración en el efluente (DBO y DQO) 	<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac, -Coopaguas - Normativa en materia hídrica. - Estudios de concentraciones del parámetro en inicio de las cuencas. 		
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de agua facturado por sector - Volumen de agua facturado por industria - Tipos de industrias evaluadas (por rubro) 	<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac - GAMSC 	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración natural (DBO y DQO) - Concentración máxima establecida por normativa local (DBO y DQO) en cuerpos de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac. - Normativa en materia hídrica - Estudios de concentraciones del parámetro en inicio de las cuencas. 		
Público	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de agua facturado - Uso de agua per cápita de funcionarios administrativos 	<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac, Coopaguas - GAMSC 		<ul style="list-style-type: none"> - Saguapac - Coopaguas. - Normativa en materia hídrica - Estudios de concentraciones del parámetro en inicio de las cuencas 	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie de áreas verdes - Tipo de cobertura en áreas verdes - Evapotranspiración del tipo de cobertura - Características ambientales climatológicas de la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> - Datos del programa <i>Climwat</i>²³ - Datos del programa <i>Cropwat</i> GAMSC

Fuente. *Elaboración propia.*

²² Ley 1333 de Medio Ambiente. Reglamento en materia de contaminación hídrica.

²³ *Climwat* y *Cropwat* son programas desarrollados por la FAO para facilitar la generación de datos para la evaluación de la HH verde. Ambos son gratuitos y pueden ser descargados de la red.

Tabla 11. Resumen de datos de actividad utilizados en la evaluación

Sector	Volumen de agua facturado	Volumen de agua Subterránea particular (afuente m ³)	Volumen de agua del efluente (m ³) (afuente m ³)
Residencial	68.593.521	4.178.269	65.423.068
Comercial	12.880.939	786.179	12.674.195
Industrial	718.142,00	4.575.219,85	759.582
Público y servicios municipales	356.059	-	339.561

Fuente. *Elaboración propia.*

Tabla 12. Resumen de parámetros de calidad de agua utilizados en la medición

Parámetros de calidad	Sector			
	Residencial	Comercial	Industrial	Público y Servicios municipales
Calidad máximo permisible DB05 (mg/l)	30	30	30	30
Calidad máximo permisible DQ0(mg/l)	60	60	60	60
Calidad natural DB05 (mg/l)	2	2	2	2
Calidad natural DQ0(mg/l)	3,33	3,33	3,33	3,33
Calidad del afuente DB05 (mg/l)	2	2	2	2
Calidad del afuente DQ0(mg/l)	3,33	3,33	3,33	3,33
Calidad del efluente DB05 (mg/l)	307,08	307,08	1.616	307,08
Calidad del efluente DQ0(mg/l)	511,80	511,80	2.694	511,80

Fuente. *Elaboración propia.*

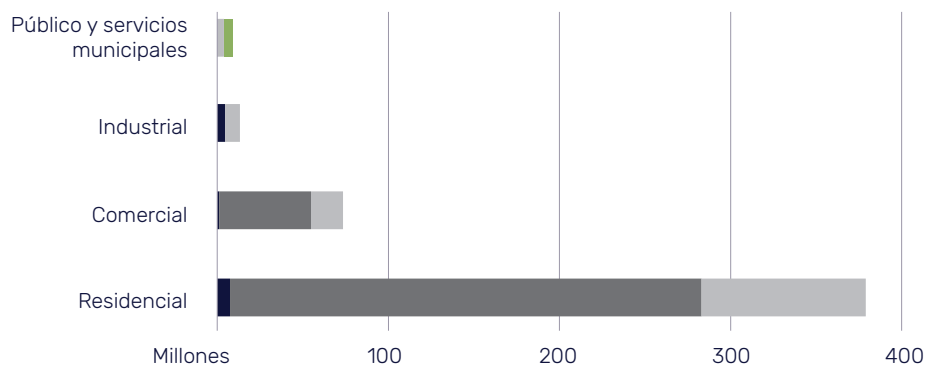
La HH directa total de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra para la gestión 2014 es igual a 474.339.589 m³. De acuerdo con los cálculos realizados, se requieren 4,9 litros de agua para asimilar la carga contaminante de cada litro de agua residual que se genera en la ciudad.

El análisis por tipo de huella permite ver que la composición es de 69 % HH gris por contaminación de agua subterránea, 27 % HH gris por contaminación en cuerpos de agua dulce, 3 % HH azul y 1 % HH verde. Esta composición denota que existe una importante carga de contaminantes en los cursos de agua que atraviesan la ciudad. Tiene menor importancia el agua que se incorpora, evapora o pierde (HH azul), y la relevancia de la HH verde es también baja en comparación con la gris.

La HH directa total de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra para la gestión 2014 es igual a 474.339.589 m³.

De acuerdo con los cálculos realizados, se requieren 4,9 litros de agua para asimilar la carga contaminante de cada litro de agua residual que se genera en la ciudad.

Figura 6. Huella hídrica total según sector y tipo de huella (en millones de m³).



	Residencial	Comercial	Industrial	Público y servicios municipales
● HH azul	7.348.724	992.923	4.533.780	16.499
● HH gris agua subterránea	275.657.489	53.698.429	-	-
● HH gris agua dulce	95.928.427	18.674.563	8.703.991	3.736.166
● HH verde	-	-	-	5.048.598

Fuente. *Elaboración propia.*

En el caso de la ciudad de Santa Cruz, la HH gris tiene un aporte importante respecto al total de la huella, principalmente en el sector Residencial, que se debe a que el servicio de alcantarillado en esta ciudad tiene una cobertura solamente del 63 %²⁴, lo que significa que un volumen importante del agua que se distribuye en esta ciudad es captada en cámaras sépticas o letrinas, permaneciendo allí por varios años e infiltrándose en aguas subterráneas, contaminando los mismos acuíferos que proveen de agua a la ciudad.

En el caso de la huella hídrica gris en el sector Industrial, es baja en relación con los otros sectores, debido a que el 100 % del agua residual industrial (proveniente del campo industrial de la ciudad) es tratada en la planta de tratamiento de Saguapac, lo que reduce la contaminación de cuerpos de agua dulce notablemente.

La huella hídrica verde del sector público es alta debido al uso de agua en las plantas que forman parte de las áreas verdes de la ciudad; todas las actividades de riego y mantenimiento de estas áreas están a cargo del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra.

²⁴ Indicadores de desempeño, gestión 2013, MMAyA y AAPS.

06

Plan de acción

A partir de los diagnósticos de las huellas, la elaboración del plan de acción tuvo como objetivos identificar las acciones y proyectos que puedan tener impacto en la reducción de las huellas y estimar su potencial de reducción.

Los objetivos del plan de acción son los siguientes:

- **Componente huella de carbono:** contribuir en la reducción de las emisiones de GEI de los sectores que aportan a la huella de carbono de Santa Cruz de la Sierra (Transporte, Residencial/ Comercial, Residuos sólidos, Industrial), a partir de proyectos de desarrollo priorizados por el Gobierno municipal.
- **Componente huella hídrica:** promover el manejo integral y eco eficiente del agua para reducir la huella hídrica de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, desarrollando acciones en todos los sectores (Residencial, Comercial, Industrial, Público y Servicios municipales), reduciendo el uso, consumo y contaminación del recurso hídrico, mejorando la calidad del agua en la cuenca y asegurando su disponibilidad en el tiempo.

Se modelaron y utilizaron cuatro escenarios, a los cuales se les asignaron colores para facilitar su diferenciación en las figuras que resultaron del análisis realizado en el marco del plan de acción (gris = escenario BAU; verde = escenario de reducción 1, amarillo = escenario de reducción 2, y rojo = escenario de reducción 3).

Los años considerados son: línea de base: 2014, mediano plazo: 2023, largo plazo: 2030.

A partir de los diagnósticos de las huellas, la elaboración del plan de acción tuvo como objetivos identificar las acciones y proyectos que puedan tener impacto en la reducción de las huellas y estimar su potencial de reducción.

Huella de carbono

La proyección de emisiones en el escenario BAU representa el crecimiento de las emisiones hasta el año 2030 en la ausencia de acciones de reducción. Para modelar el incremento de emisiones se consideran datos históricos de crecimiento poblacional, PIB, el aumento en el parque vehicular de transporte y la cantidad de efluentes tratados. Las proyecciones muestran que hasta el año 2030 las emisiones totales podrían aumentar en un 52 % (de 3.787.848 t CO₂e en el año base 2014 hasta 5.765.487 t CO₂e en 2030).

Tabla 13. Proyección de emisiones por sector (en t CO₂e)

Año	Residencial	Industrial	Sector residuos	Transporte	Comercial/ Institucional	Uso de productos
2014	404.109	505.198	729.828	1.917.390	228.496	2.827
2023	536.050	505.198	953.160	2.727.296	294.519	4.343
2030	643.776	505.198	1.130.222	3.132.806	347.932	5.552

Fuente. Plan de acción para reducción de huellas de Santa Cruz.

Estas proyecciones fueron realizadas considerando los siguientes aspectos:

- Tasa de crecimiento poblacional del 1,75 % (para el sector Residencial)
- Proyecciones de crecimiento del PIB de un 4 % en promedio (para el sector Comercial)
- Crecimiento del parque automotor de Santa Cruz de la Sierra para el sector de Transporte del 3 %

La siguiente tabla presenta un resumen de los proyectos considerados, divididos por escenarios de reducción y sector.

Tabla 14. Proyectos del plan de acción de huella de carbono de Santa Cruz

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Sector: Transporte		
	<ul style="list-style-type: none"> - Centro de inspección técnica vehicular - Día del peatón - Red de ciclovías - Tren metropolitano - Cambio de combustible a GNV - Restricción vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> - Tranvía urbano - BRT - Conducción eficiente - Vehículos eléctricos
Sector: Energía		
	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación de conexiones de gas natural a la red domiciliaria - Cambio de iluminación pública con tecnología LED 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia y autogeneración energética sector Comercial Institucional e Industrial - Eficiencia y autogeneración energética en el sector Residencial.
Sector: Residuos		
<ul style="list-style-type: none"> - Quema de biogás en PTAR 	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción del nuevo relleno sanitario con sistema de quema de biogás - Construcción de biodigestores para residuos orgánicos - Planta de compostaje orgánico y biodigestores 	

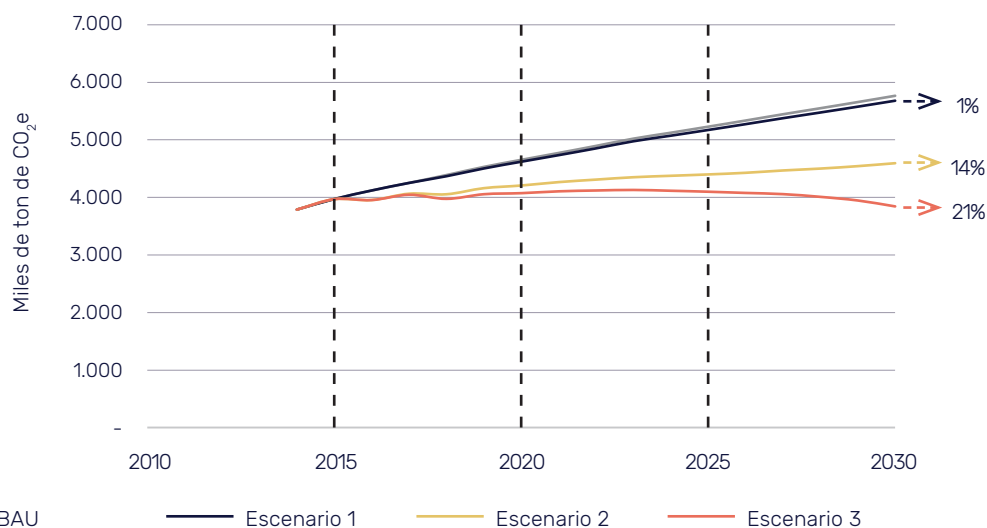
Fuente. Plan de acción para reducir las huellas de la ciudad de Santa Cruz.

En el escenario 1, se considera el proyecto de quema de biogás en PTAR, que tiene un potencial de reducción de emisiones acumuladas del 1 % a 2030.

Los proyectos considerados en el segundo escenario de reducción son 11 (tabla 14), y tienen un potencial de reducción de emisiones acumuladas del 14 % al 2030. Finalmente, el último escenario tiene potencial para reducir hasta un 21 % de las emisiones acumuladas a 2030 (68.361.686 t CO₂e). La huella de carbono per cápita en este escenario disminuiría de 2,2 a 1,8 t de CO₂e a 2030.

La siguiente gráfica muestra la reducción de emisiones para los escenarios planteados desde 2014 hasta 2030.

Figura 7. BAU y reducción de emisiones por escenarios

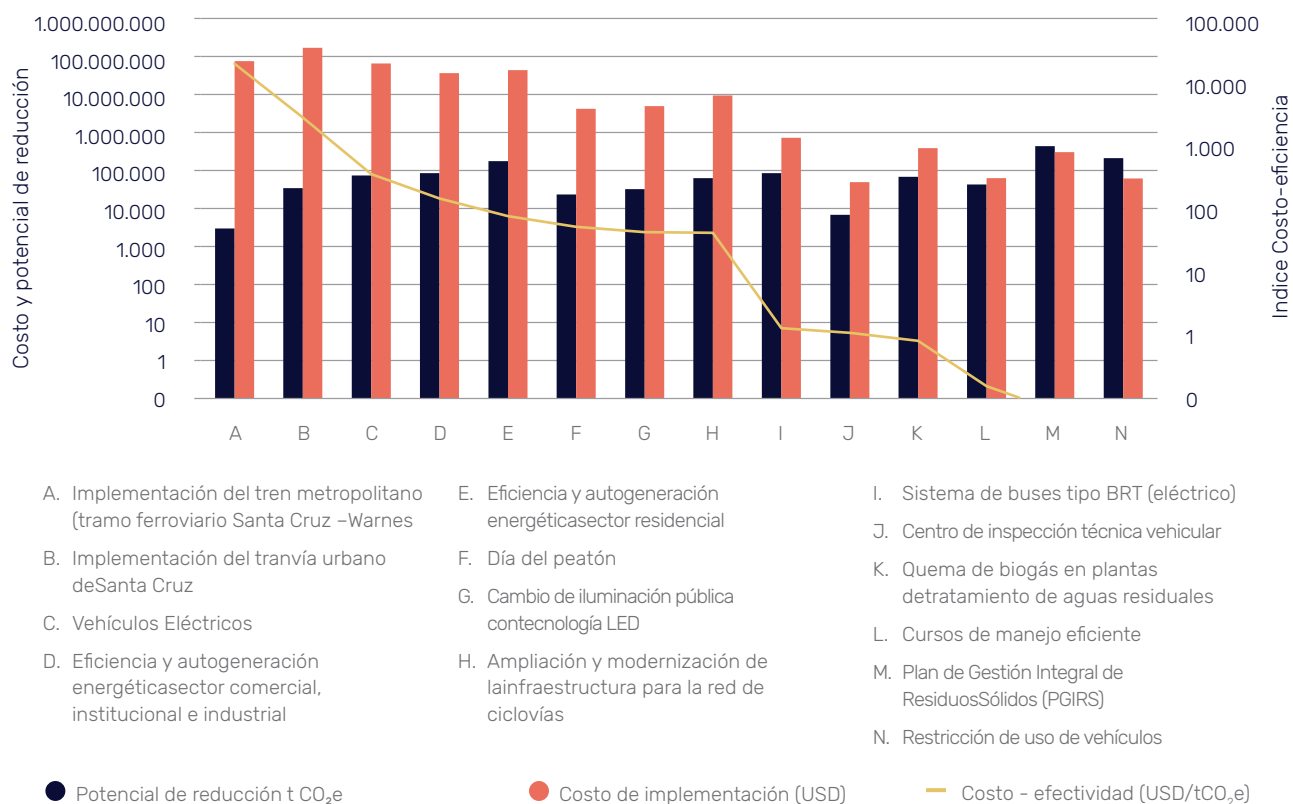


Fuente. Plan de acción para reducir las huellas de la ciudad de Santa Cruz.

Considerando el potencial de reducción de los proyectos identificados en los tres escenarios planteados, la HC de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra tiene un potencial de reducir hasta un 21 % de las emisiones acumuladas al 2030, que se lograría si se implementan todos los proyectos, aprobados, planificados y propuestos.

Posteriormente, a partir de documentación provista por parte del GAMSC, entrevistas con actores clave y relevamiento de información secundaria como notas de prensa, se realizó una estimación de los costos de implementación de cada proyecto, para poder realizar un análisis de costo-eficiencia; los resultados se muestran en la figura a continuación. Se debe considerar que para el análisis de costo-eficiencia se utilizaron las reducciones de emisiones acumuladas a 2030:

Figura 8. Costo-eficiencia de proyectos con potencial de reducción de huella de carbono (emisiones acumuladas al 2030)



Fuente. Plan de Acción para reducir las huellas de la ciudad de Santa Cruz.

En la figura anterior se puede observar que, para la restricción en el uso de vehículos en la ciudad, la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos y los cursos de manejo eficiente son los más costo-eficientes, es decir, que tienen un mayor impacto a un menor costo.

Entre las acciones con mayor valor costo-eficiencia, que son las que por dólar reducen menor cantidad de emisiones, se encuentran la implementación del tren metropolitano y del tranvía con cerca de USD 25.000 y 5.000/t CO₂e, respectivamente.

Huella hídrica

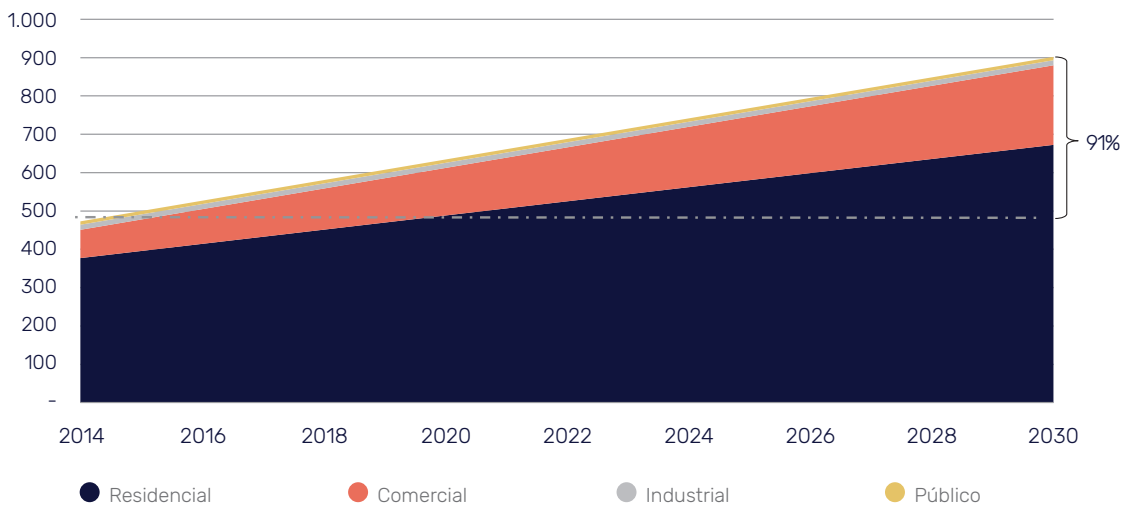
La huella hídrica BAU proyectada para 2030 asciende en 91 % respecto a la línea base en 2014, de 472.829.663 m³ a 901.945.912 m³. La gráfica 8 muestra el crecimiento BAU de la HH por sectores de la ciudad.

El escenario BAU fue modelado utilizando proyecciones poblacionales realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas

(INE) para el municipio de Santa Cruz de la Sierra en el periodo 2012-2020. Siguiendo esta proyección, se estimó la población a 2030. Para modelar el crecimiento de la huella hídrica (HH) y demanda de agua de los sectores Residencial y Comercial, se utilizó como base el crecimiento poblacional proyectado, manteniendo el actual consumo per cápita. Considerando el limitado espacio en el área urbana de la ciudad, el sector Industrial tenderá a extenderse hacia el área rural, por ello, en esta proyección, la HH y la demanda de agua del sector en la ciudad de Santa Cruz se mantienen como valores constantes. No se espera que las actividades administrativas y operativas del sector público crezcan considerablemente, por tanto, la HH y la demanda de agua se mantienen constantes.

En el escenario BAU de la huella hídrica, se consideró el crecimiento poblacional para modelar a los sectores Residencial y Comercial de la ciudad, y se considera un valor constante de la línea base para los sectores público e Industrial.

Figura 9. Huella hídrica en el escenario BAU



Fuente. Elaboración propia.

Para el año 2014, se reporta un crecimiento poblacional de 1,75 % anual y, según las proyecciones, se espera que para el año meta 2030, este valor se reduzca al 0,25 %. En el escenario BAU de la huella hídrica, se consideró el crecimiento poblacional para modelar a los sectores Residencial y Comercial de la ciudad, y se considera un valor constante de la línea base para los sectores público e Industrial.

La siguiente tabla muestra los proyectos que forman parte del plan de acción, divididos en tres escenarios. El primero incluye los proyectos que están en fase de ejecución, el segundo incluye los proyectos que han sido planificados por el GAMSC pero no cuentan con financiamiento y, finalmente, los proyectos propuestos por su alto potencial de reducción de la huella.

Adicionalmente, los proyectos incluidos en el plan de acción se clasifican en tres ámbitos de acción según su impacto en la gestión del agua. El primer ámbito considera proyectos que van a reducir la huella hídrica de la ciudad de manera directa; el segundo, los proyectos que van a permitir el incremento en la oferta de agua, y el tercero incluye proyectos que van a tener un impacto en la reducción de la demanda de agua potable.

Tabla 15. Proyectos del plan de acción de huella hídrica de Santa Cruz

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Ámbito de Acción 1: reducción de la huella hídrica.		
PTAR en la zona Plan Tres Mil del Distrito municipal N.º 8, para reducir la HH gris.	PTAR para tratar 7 % de agua residual de la ciudad, para reducir la HH gris.	
Ámbito de Acción 2: incremento en la oferta de agua.		
	Balance hídrico de la ciudad e implementación de proyectos de conservación de fuentes de agua, para mejorar la sostenibilidad de la HH.	Reducción de pérdidas en la distribución de agua potable, para mejorar la sostenibilidad de la HH.
Ámbito de Acción 3: reducción de la demanda de agua potable.		
	Recircular el agua del sistema de drenaje pluvial, para mejorar la sostenibilidad de la HH.	Programa de Gestión de la Demanda de Recursos Hídricos en el sector Residencial, para mejorar la sostenibilidad de la HH.

Fuente. *Elaboración propia.*

Si bien los proyectos del segundo y tercer ámbitos no van a tener un impacto directo en la reducción de la huella hídrica de la ciudad, sí van a permitir mejorar el análisis de sostenibilidad de la huella hídrica de las cuencas del río Grande y el río Pirai²⁵.

Con la implementación de los proyectos en el ámbito de acción “Incremento en la oferta de agua” se podría lograr un incremento en la oferta del 39 % al año 2030, a partir de la conservación de fuentes de agua a través de la reforestación de 20.000 hectáreas de bosques, y la reducción del 10 % de pérdidas en la distribución de agua potable²⁶.

En el caso de los proyectos del ámbito de acción “Reducción de la demanda de agua potable”, se espera reducir en 10 % de la demanda a 2030, a partir de la recirculación de agua de lluvia mejorando 250 km de canales de drenaje, y a través de la implementación de un programa de gestión de la demanda de agua en el sector Residencial,

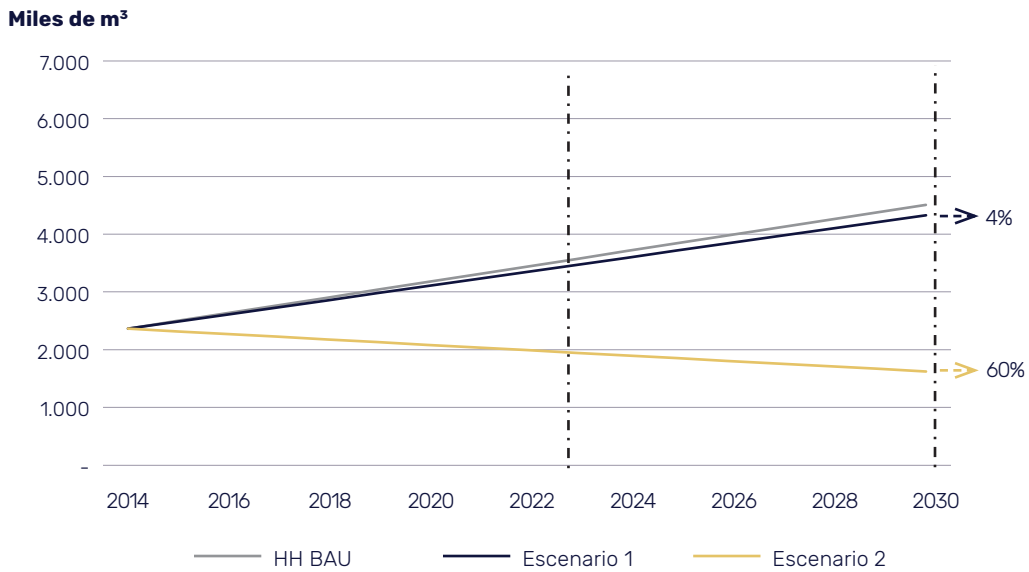
²⁵ El análisis de sostenibilidad de la huella hídrica es la tercera de las cuatro fases establecidas en la metodología para la evaluación de la huella, y forma parte del informe de medición de las huellas de la ciudad (WFN, 2011).

²⁶ Actualmente, la ciudad enfrenta el 24 % de pérdidas entre la producción de agua potable y la facturación en los hogares (Saguapac, 2016).

que tiene como meta reducir el 15 % a través de la sustitución de artefactos ahorradores a 2030.

A continuación, se muestra el potencial de reducción de la HH de los proyectos del primer ámbito de acción “Reducción de la huella hídrica” en los tres escenarios planteados, a 2030.

Figura 10. BAU y reducción de HH (proyectos del ámbito de acción 1) por escenario



Fuente. *Elaboración propia.*

Con la implementación de proyectos del escenario de reducción 1, se logra reducir la HH en 4 %. El proyecto considerado es:

- PTAR en la zona Plan Tres Mil del Distrito Municipal N.º 8, para reducir la HH gris. La planta de tratamiento de aguas residuales consta de un pretratamiento, dos lagunas aireadas, dos lagunas facultativas y dos lagunas de duración, asimismo, está la construcción del área de emplazamiento, que cubre una superficie de 54 hectáreas para los procesos físico, químico y biológico, que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua. La construcción de estos proyectos está a cargo de la Unidad Coordinadora del Programa Agua y Alcantarillado Periurbano (UCP-PAAP). El proyecto involucra a 75.855 habitantes beneficiados, y adicionalmente se trabajará en la instalación de alcantarillado sanitario y de acueducto.

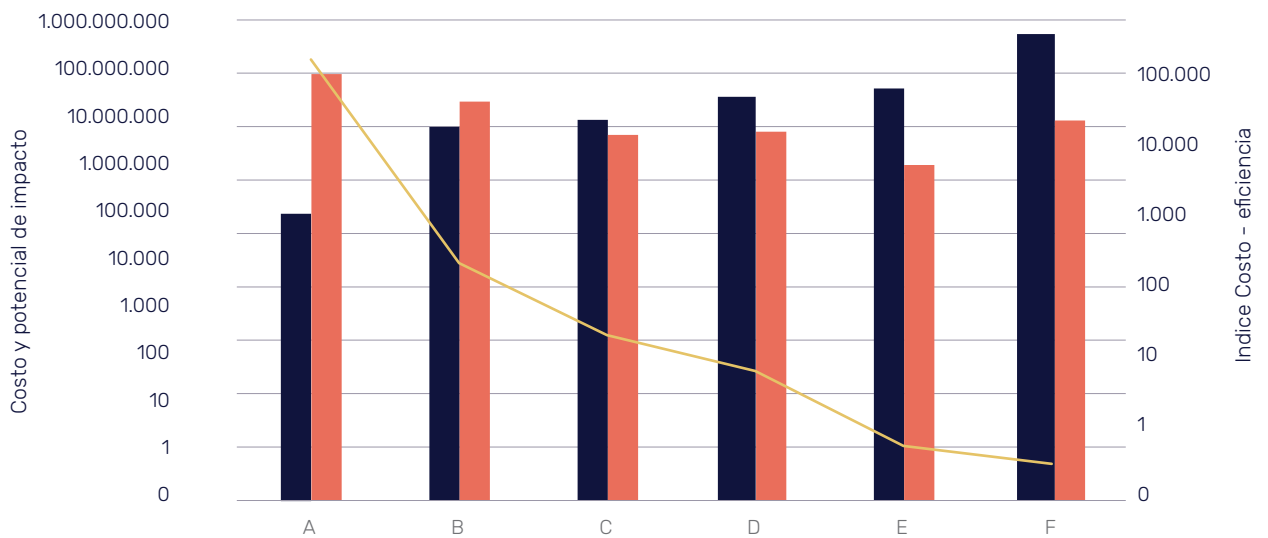
En el escenario de reducción 2, adicionales al proyecto del escenario 1, se alcanza la reducción del 60 % de la HH, considerando el siguiente proyecto:

- PTAR para tratar 7 % de agua residual de la ciudad, para reducir la HH gris. Con la implementación de este proyecto se alcanzará en total 77 % de cobertura en el tratamiento de agua residual de la ciudad. Como condición habilitante, es necesario instalar el 7 % adicional de alcantarillado sanitario en la ciudad (actualmente

se cuenta con 63 % de cobertura en alcantarillado sanitario y tratamiento de agua residual). Este proyecto está dentro de la planificación de la cooperativa de agua Saguapac.

Posteriormente, a partir de documentación provista por parte del GAMSC, entrevistas con actores clave y relevamiento de información secundaria, como notas de prensa, se realizó una estimación de los costos de implementación de cada proyecto, para poder realizar un análisis de costo-eficiencia, los resultados de este análisis se muestran en la figura a continuación.

Figura 11. Proyectos ordenados según índice costo-efectividad (en USD/m³)



- A. Balance hídrico de la ciudad e implementación de proyectos de conservación de fuentes de agua, para mejorar la sostenibilidad de la HH (AA2)
- B. Programa de gestión de la demanda de recursos hídricos en el sector Residencial, para mejorar la sostenibilidad de la HH (AA3)
- C. PTAR en la zona Plan Tres Mil del distrito municipal N.º 8, para reducir la HH gris (AA1)
- D. PTAR para tratar 7% de agua residual de la ciudad, para reducir la HH gris (AA1)
- E. Reducción de pérdidas en la distribución de agua potable, para mejorar la sostenibilidad de la HH (AA2)
- F. Recircular el agua del sistema de drenaje pluvial, para mejorar la sostenibilidad de la HH (AA3)

● Potencial de reducción (m³/año) ● Costo de implementación (USD) — Costo-eficiencia (USD/m³)

AA1= Ámbito de Acción 1 (reducción de HH)
 AA2= Ámbito de Acción 2 (incremento en la oferta de agua)
 AA3= Ámbito de Acción 3 (reducción de la demanda de agua)

Fuente. *Elaboración propia.*

La medida con menor costo-eficiencia es recircular el agua del sistema de drenaje pluvial para mejorar la sostenibilidad de la HH.

07

Proyectos
piloto

Para la ciudad de Santa Cruz, se consideraron dos proyectos piloto:

Aplicaciones para celular para la medición de huellas personales:

El objetivo principal del desarrollo de las apps fue de promover la participación ciudadana en la medición y reducción de la huella de carbono y huella hídrica en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, a través de aplicaciones para celular que permitan medir y reducir ambas huellas, como instrumentos didácticos y pedagógicos. La elaboración de las calculadoras de huellas se realizó considerando las preguntas y términos de familiaridad de los residentes de Santa Cruz de la Sierra. Los cálculos toman en cuenta factores de emisión y variables de cálculo propios de la ciudad.

Las calculadoras de huella de carbono y huella hídrica fueron inicialmente desarrolladas en Excel y, posteriormente, se programaron en sistemas Android e iOS. Las aplicaciones (apps) para celular que calculan las huellas personales le permitirán al Gobierno municipal de Santa Cruz contar con herramientas de comunicación que le faciliten llegar a la población y sensibilizarla sobre la problemática del cambio climático.

Ilustración 2. Captura de pantalla de las apps



La Secretaría Municipal de Medio Ambiente se comprometió a socializar la iniciativa con todas las empresas del sector Industrial que ejerzan sus actividades en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Una vez la propuesta presentada sea aprobada por el Consejo municipal.

Creación del Reconocimiento Municipal Sello Verde. Se propuso crear el Reconocimiento Municipal Sello Verde de Santa Cruz de la Sierra, a través del cual el Gobierno municipal promueva la participación y certificación a empresas, industrias y otros actores de la ciudad, que realicen esfuerzos para preservar y conservar el medioambiente y reducir las huellas. El proyecto piloto consistió en el desarrollo de la propuesta de este reconocimiento, que consistió en la estructura de la iniciativa, bases, cronograma de implementación, responsables, la definición del alcance de la iniciativa, los actores involucrados, etc.

El reconocimiento propuesto consistió en otorgar una certificación o "Sello Verde" a aquellas empresas del sector Industrial que se adhieran de manera voluntaria a la iniciativa municipal y que demuestren que, en el lapso de un año, han implementado acciones concretas para reducir emisiones y/o gestionar de manera más eficiente los recursos hídricos, que coadyuven a la reducción de la huella de carbono y/o huella hídrica de la ciudad.

La Secretaría Municipal de Medio Ambiente se comprometió a socializar la iniciativa con todas las empresas del sector Industrial que ejerzan sus actividades en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Una vez la propuesta presentada sea aprobada por el Consejo municipal, las empresas que participen en el programa "Sello Verde" del GM podrán obtener certificaciones en las siguientes categorías:

- Eficiencia energética
- Transporte sostenible
- Gestión integral de residuos
- Gestión del papel
- Eficiencia en el uso del agua
- Gestión de huella de carbono
- Gestión de huella hídrica

08

Redes y
alianzas

En la alcaldía también se han fortalecido la vinculación y el establecimiento de sinergias entre las secretarías, direcciones y unidades de la misma institución. Para obtener información sobre el cálculo de línea base de las huellas y la elaboración del plan de acción, se involucraron varias direcciones mediante la Dirección de Medio Ambiente (responsable de la implementación del proyecto), y otros sectores y empresas.

09

Creación de
capacidades
en el Gobierno
Autónomo
Municipal de
Santa Cruz

Como parte de la implementación del proyecto, se han creado las destrezas técnicas necesarias dentro del GAMSC para que puedan gestionar sus propias huellas en el futuro, a través de un proceso constante de capacitación sobre las metodologías empleadas y de transferencia completa de las herramientas de cálculo, adecuadas a las condiciones específicas de la ciudad, con sus respectivos manuales de uso, guías y tutoriales, lo que permitirá asegurar la sostenibilidad del cálculo de las huellas –como instrumentos de monitoreo y evaluación de emisiones de GEI y uso de agua– en gestiones posteriores.

Como parte del proceso de construcción de capacidades a personal del GM, se puso a su disposición una *toolbox* o caja de herramientas del Proyecto Huella de Ciudades, que tiene por objetivo concentrar los principales productos entregables (informes de cálculo de huellas, manuales, resúmenes y herramientas de cálculo y monitoreo en lenguaje de programación Delphi, entre otros) en un formato amigable y sencillo.

Ilustración 3. *Toolbox* del Proyecto Huella de Ciudades



Fuente. *Elaboración propia.*

10

Logros,
lecciones
y desafíos

Los principales logros obtenidos, lecciones aprendidas y desafíos identificados como resultado de la implementación del Proyecto Huella de Ciudades en Santa Cruz de la Sierra se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 16. Principales logros, lecciones y desafíos del proyecto

<p>Logros obtenidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La creación de capacidades locales dentro del GAMT. • El fortalecimiento de la sensibilización y participación ciudadanas en temas de cambio climático, por ejemplo, a través del desarrollo de las aplicaciones de cálculo de huella de carbono para celular.
<p>Lecciones aprendidas y recomendaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La necesidad del compromiso y de la voluntad política al más alto nivel es clave para iniciar la transformación a una ciudad ecoeficiente. • La transferencia de capacidades y herramientas al GAMSC para viabilizar la sostenibilidad del proyecto debe ser continua y requiere mayor seguimiento. • La implementación de un sistema de gestión de datos centralizado dentro del GAMCS es necesario para facilitar las siguientes evaluaciones de las huellas. • La información generada con el proyecto sienta las bases para la elaboración de nuevas políticas públicas municipales de cambio climático. Se recomienda compartir esta información con otras instancias del GAMSC, por ejemplo, con la Dirección de Planificación. También se recomendó establecer un comité interno de cambio climático. • Los proyectos demostrativos piloto son importantes para mostrar los resultados en acciones prácticas y crean sinergias entre actores. • El fortalecimiento de los sistemas de información del GM como de la ciudad, respecto al consumo de recursos (agua, energía, combustibles) es fundamental a la hora de calcular las huellas.
<p>Desafíos a futuro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular periódicamente la evolución de las huellas y verificar el impacto de sus proyectos en la reducción de emisiones y mejor gestión del agua. • Desarrollar estudios de factibilidad y diseño final para los principales proyectos de reducción de huellas. • Lograr un mayor compromiso del GAMSC y el involucramiento de otras instituciones, como, por ejemplo, Saguapac, para la implementación de las acciones propuestas. • Identificar mecanismos innovadores de captación de financiamiento. • Involucrar al sector privado en proyectos de reducción de huellas de la ciudad, por ejemplo, en el marco de mecanismos de compensación de huella hídrica, considerando la creación del fondo municipal de agua con el sector financiero. • Lograr la vinculación y el intercambio de experiencias entre las ciudades participantes del proyecto.

