



Huellas

de Ciudades

Fortalecimiento de la capacidad
de gestión ambiental del Gobierno
municipal de Tarija

8



Ciudad de Tarija



Huella

de
Ciudades

8



Ciudad
de Tarija



TÍTULO

Serie Huella de Ciudades N° 8 Ciudad de Tarija

Depósito Legal: DC2020001189

ISBN: 978-980-422-194-1

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 Tarija	10
03_ Proyecto Huella de Ciudades: Tarija	14
04_ Resultado del cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija	16
05_ Resultado del cálculo de huellas de la Ciudad de Tarija	26
06_ Plan de Acción	32
07_ Proyectos Piloto	48
08_ Redes y alianzas	54
09_ Creación de capacidades en Gobierno Autónomo Municipal de Tarija	56
10_ Logros, lecciones y desafíos	58



Presentación

La ciudad de Tarija (Bolivia), junto a Santiago de Cali (Colombia), Recife (Brasil), Santa Cruz de Galápagos y Loja (Ecuador), formó parte de la fase III del Proyecto Huella de Ciudades. La experiencia con Tarija, realizada para la gestión 2015 (enero-diciembre), fue muy valiosa para el proyecto; el empoderamiento del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, en cabeza del alcalde Rodrigo Paz, generó una importante visibilidad de la ciudad y su visión de sostenibilidad a nivel internacional. Esta publicación de la serie *Huella de Ciudades* describe la implementación del proyecto en Tarija y sus resultados en términos operativos y estratégicos.

El municipio de Tarija se encuentra ubicado en la provincia Cercado, del departamento de Tarija, al sur de Bolivia, en el valle central de Tarija, que oscila entre los 1.050 y 4.600 m.s.n.m. El municipio tiene una superficie de 2.638^[1] km².

Ilustración 1. Vista de la plaza Luis de Fuentes y Vargas de Tarija



El municipio de Tarija es administrado por el Gobierno Autónomo Municipal de Tarija (GAMT), encabezado por el Alcalde Rodrigo Paz Pereira desde el año 2015. La administración municipal y la ciudad de Tarija fueron los principales beneficiarios del Proyecto Huella de Ciudades. Los resultados del Proyecto en esta ciudad -más allá de los resultados del cálculo de las huellas- permitieron, por parte de las autoridades locales, un conocimiento y un compromiso más amplios respecto a la problemática del cambio climático, en el contexto nacional como en Latinoamérica.

La aplicación de la metodología de cálculo de huellas en la ciudad de Tarija contribuyó a posicionar a la ciudad en la agenda climática a nivel internacional. Como resultado de un trabajo coordinado e integral entre los distintos actores del Proyecto, mediante un proceso constante de capacitación sobre las metodologías empleadas, y con la transferencia de las herramientas de cálculo adecuadas a las condiciones específicas de la ciudad, se crearon las capacidades técnicas necesarias para que el equipo técnico de la Alcaldía pueda gestionar de manera autónoma sus Huellas en el futuro.

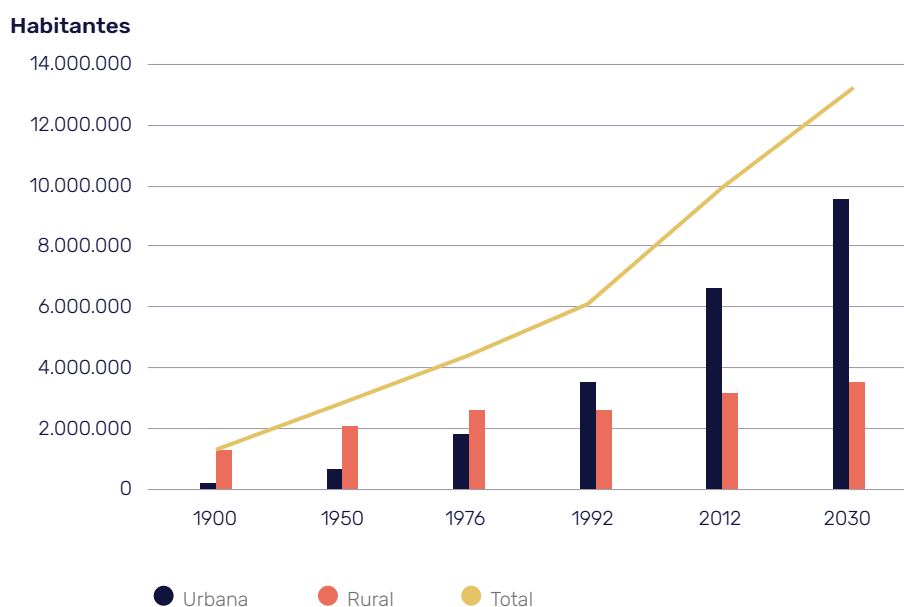
01_

Antecedentes

Bolivia se enfrenta a un ritmo acelerado de urbanización, pasando de 3 millones de habitantes (25 % urbanos) en 1950, a más de 10 millones (67 % urbanos en 2012, en solo 50 años, y se proyecta que para 2030 el 72 % de la población será urbana en Bolivia ².

El crecimiento urbano genera una mayor presión en los ecosistemas, haciendo a las ciudades más vulnerables a los efectos del cambio climático.

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



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

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

Las ciudades se tornan 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, y la generación de residuos, entre otros, generan mayor presión en los ecosistemas e incrementan la demanda de agua, reduciendo su disponibilidad, promueven la distribución de vectores y afectan la salud de la población.

² Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia.

02

Descripción de la ciudad de Tarija

El municipio de Tarija se encuentra ubicado en el sur de Bolivia. Es la capital del departamento de Tarija, y de la provincia Cercado. Cuenta con un área urbana conformada por 13 distritos urbanos y 8 rurales, y está subdividida en 86 barrios³.

Tarija forma parte de dos cuencas mayores del sistema de la cuenca del Plata: la del Pilcomayo, que ocupa el 10 % del total del municipio, con 275 km², y la otra cuenca mayor del Bermejo, que abarca una extensión de 2.363 km² y representa el 90 % del territorio. Estas cuencas mayores engloban otras menores, como son Guadalquivir, Santa Ana, Tolomosa, Tarija, Cajas, Papachacra y Nogal.

Tarija se encuentra a 1.050 y 4.600 m.s.n.m., cuenta con una superficie total de 2.638 km² y una población de 256.488 habitantes⁴ a 2015.

El clima de Tarija varía desde frío y seco en la zona alta, templado y húmedo en los valles subandinos, y cálido seco y cálido húmedo en la llanura chaqueña. La temperatura media anual oscila entre 12-18 °C, la precipitación anual promedio es de 684 mm y la humedad relativa media anual alcanza un 62 %.

Su principal actividad económica es la industria vitivinícola, aunque también se desarrolla una actividad agrícola diversa, sobre todo en el área rural⁵. El departamento de Tarija tiene una participación en el PIB nacional del 14,31 %⁶.

El municipio está formado por 13 distritos urbanos y ocho rurales. La siguiente tabla detalla el número de habitantes por distrito y muestra el porcentaje del total de la población que cada distrito representa:

La principal actividad económica es la industria vitivinícola, aunque también se desarrolla una actividad agrícola diversa, sobre todo en el área rural.

³ Propuesta Plan de Acción de Cambio Climático para el municipio Cercado- Gobierno Municipal de la Provincia Cercado-Protección del Medio Ambiente Tarija-Con el apoyo de LIDEMA, 2009

⁴ <http://www.turismo.tarija.gob.bo/tarija/datos-generales.html>

⁵ Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, 2015

⁶ Instituto Nacional de Estadística, 2012.

Tabla 1. Población por distritos de Tarija

Tipo	Nombre	Población 2014 ³ (habitantes)	% de población
Urbano	Distrito 1	5.427	2,1
	Distrito 2	10.092	3,9
	Distrito 3	8.678	3,4
	Distrito 4	9.189	3,6
	Distrito 5	11.265	4,4
	Distrito 6	25.261	9,8
	Distrito 7	24.075	9,4
	Distrito 8	33.399	13,0
	Distrito 9	34.018	13,3
	Distrito 10	27.869	10,9
	Distrito 11	12.758	5,0
	Distrito 12	6.877	2,7
	Distrito 13	24.171	9,4
Total Urbano		233.079	91
Rural	San Andrés	4.885	1,9
	Tolomosa	4.449	1,7
	Sella Cercado	2.860	1,1
	Santa Ana	3.111	1,2
	San Agustín	1.059	0,4
	Papachacra	2.212	0,9
	Junacas	4.059	1,6
	Alto España	774	0,3
Total rural		23.409	9,0
TOTAL		256.488	100%

Fuente. Elaboración propia con base en el Plan de Desarrollo Municipal de Tarija de 2015-2019.

Tarija –al igual que otras ciudades en la región– está siendo afectada por los impactos provocados por el cambio climático, principalmente respecto a la disponibilidad de recursos hídricos. La ciudad ha alcanzado una cobertura de acueducto para la distribución de agua potable a la ciudadanía de 94 %, sin embargo, desde la producción de agua potable hasta la facturación, existe un gran volumen de pérdidas, alcanzando aproximadamente el 38 %. Respecto al acceso a alcantarillado sanitario, el 83 % de la población cuenta con este servicio, mientras que el 17 % restante realiza vertidos de efluentes directamente a ríos a través de conexiones clandestinas, o utiliza letrinas y pozos ciegos. Del agua que es recolectada a

través del alcantarillado sanitario, el 50 % pasa por la planta “San Luis”, que utiliza un sistema de tratamiento secundario (lagunas de estabilización aeróbicas y anaeróbicas), sin lograr cumplir la normativa local vigente que establece valores máximos permisibles para el vertido de efluentes. Finalmente, cabe mencionar que el río Guadalquivir es el principal receptor de la carga contaminante y se muestra altamente degradado. Asimismo, los gases de efecto invernadero originados en sectores tales como Transporte, Residuos sólidos, Residenciales y Comerciales, ofrecen amplias oportunidades de reducción.

En el año 2015, 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 afectó ciudades importantes como Tarija, La Paz, El Alto, Cochabamba y Santa Cruz. El departamento de Tarija se ve particularmente vulnerable debido a su alta dependencia en la producción de vino. La producción de vino en Bolivia se concentra en dos zonas productoras, con más del 90 % de la superficie cultivada con vid el valle central de Tarija (80 %), y los valles de los Cintis, en el departamento de Chuquisaca (14 %⁷).

La importancia de la industria de la vid para Tarija es muy alta por su movimiento económico, particularmente en cuanto a la generación de empleos. El complejo uvas, para la producción de vinos y singanis, genera 2.600 empleos directos. A nivel nacional, el vino y el singani representan el 61 % de los empleos que generan las bebidas alcohólicas. En Tarija, la generación directa de empleos es del 49 % por el cultivo de uva, y el 51 % en otro tipo de cultivos (cebolla, ajo, etc.), y se calculan unos 12 mil empleos en actividades complementarias (transporte y comercialización)⁸.

Sin embargo, este sector es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, que ya está provocando la alteración de las propiedades del vino, ya que este producto depende estrechamente de las características de su entorno (humedad, radiación solar, entre otros) para obtener la textura, el sabor y otras propiedades. Una de las principales características de los viñedos del valle es que están por encima de los 1.900 metros sobre el nivel del mar; a consecuencia de las variaciones climáticas, se han reducido notablemente las áreas cultivables a estas altitudes. A largo plazo, las pérdidas en este sector serán cada vez mayores y, por tanto, es importante involucrar al sector vitivinícola en las estrategias de adaptación al cambio climático que se formulen en Tarija, como con los mecanismos de compensación de huella de carbono y huella hídrica.

En el año 2015, el país enfrentó una importante escasez de agua, debido a evaporación acelerada causada por escasez de lluvia y calentamiento global.

⁷ El restante 6 % de la superficie cultivada corresponde a otros departamentos. Fuente: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en La Paz, 2011.

⁸ Estudio socioeconómico de la cadena uvas, vinos y singanis. Fundación Fautapo y el BID FOMIN.

 03

Proyecto Huella de Ciudades: Tarija

En 2012, nace el Proyecto Huella de Ciudades, con apoyo de CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, CDKN – Alianza Clima y Desarrollo, la facilitación de la Fundación Futuro Latinoamericano y la implementación de la consultora boliviana Servicios Ambientales S.A. (SASA).

El principal objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en Tarija fue apoyar al GAMT en el desarrollo de estrategias municipales de mitigación y adaptación al cambio climático, a través del cálculo de las huellas de carbono, hídrica y ecológica 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 el GAMT para la gestión de las huellas.

La ciudad de Tarija, junto con Loja, Cali, Recife y Santa Cruz de Galápagos, forma parte de la fase III del proyecto, que fue ejecutada en las gestiones 2015 y 2016. El desarrollo del proyecto cumplió cinco etapas:

- Cálculo de la huella de carbono (HC) y la huella hídrica (HH) de la alcaldía.
- Cálculo de la HC, la HH y huella ecológica⁹ de la ciudad.
- 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 la alcaldía como para la ciudad se realizó para la gestión 2015 (enero a diciembre).

El principal objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en Tarija fue apoyar al GAMT en el desarrollo de estrategias municipales de mitigación y adaptación al cambio climático.

⁹ En el marco del proyecto, la huella ecológica fue calculada por primera vez en las ciudades de Cali, Loja y Tarija, con fines de complementación.

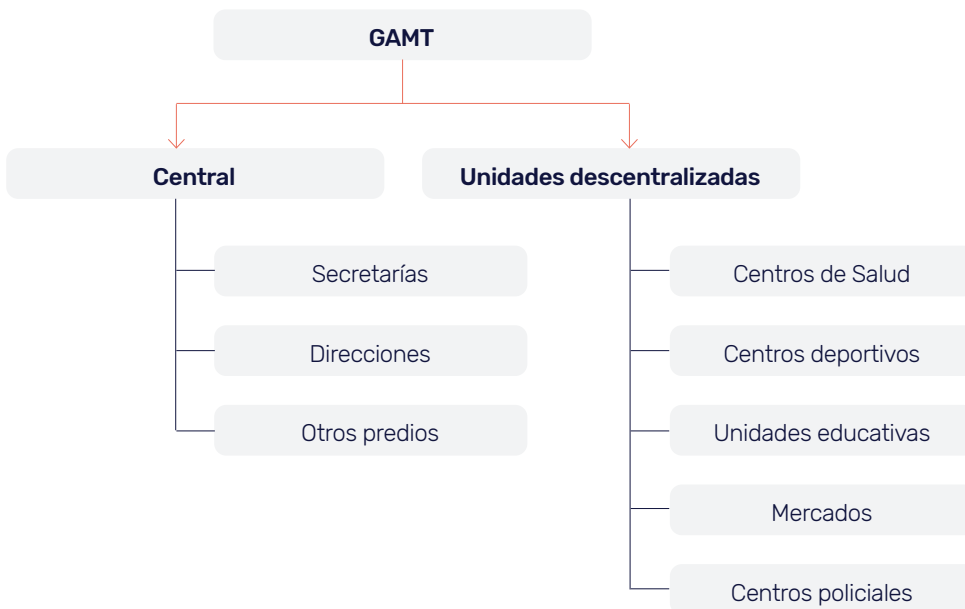
 04

Resultado del
cálculo de
huellas del
Gobierno
Autónomo
Municipal
de Tarija

La principal función del GAMT es la regulación de ordenanzas y resoluciones que ayuden a establecer e impulsar la política a seguir, de acuerdo con las metas de la administración municipal, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades colectivas de la urbe, según lo establecido por la ley para su desarrollo y fines del Estado. La estructura organizativa del GAMT se compone de dos niveles: central (que cuenta con las oficinas centrales y otros predios como instancias de apoyo que ven además de temas administrativos y operativos) y el nivel de unidades descentralizadas (entre los que se encuentran los centros de salud, centros deportivos, mercados, unidades educativas, centros policiales, plazas, parques y jardines).

La principal función del GAMT es la regulación de ordenanzas y resoluciones que ayuden a establecer e impulsar la política a seguir, de acuerdo con las metas de la administración municipal.

Figura 2. Organización de los niveles de la GAMT para la evaluación de las huellas



Fuente. Informe de cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija.

Las instalaciones y dependencias priorizadas mencionadas en la tabla a continuación han sido seleccionadas a partir de los siguientes criterios:

- Número de funcionarios y visitantes.
- Tipo de actividad que realizan (implican un alto nivel de consumo de recursos).
- Disponibilidad de datos.
- Nivel de incidencia de la alcaldía.

Tabla 2. Unidades municipales evaluadas

Unidad municipal	
Nivel: Central	
	Secretarías
	Direcciones
	Otros predios ¹⁰
Nivel: Unidades descentralizadas	
	Posta Sanitaria
	Posta Sanitaria Guadalquivir
	Centro Salud Abaroa
	Posta Sanitaria San Jorge
	Policonsultorio Néstor P. Zamora
Centros de salud	Centro Salud Palmarcito
	Centro Salud Guadalquivir
	Centro Médico Villa Busch
	Posta Sanitaria L. de Fuentes
	Centro de Salud Animal
	Eugenio Ávila Centro Salud
	Esc. Carmen Arce
	Complejo García Agreda
	Mini Coliseo San Bernardo
	Mini Coliseo Juan XXIII
Centros deportivos	Mini Coliseo Tabladita
	Mini Coliseo Defensores del Chaco
	Mini Coliseo 15 de Novbre.
	Mini Coliseo San José
	Mini Coliseo San Roque
	Estadio La Bombonera
	Piscina Olímpica

¹⁰ Dentro del subnivel "Otros predios", se consideran las oficinas administrativas centrales donde se encuentran las direcciones y secretarías del GAMT, baños públicos, bibliotecas, sedes sociales, estaciones de servicio y centros de capacitación, entre otros.

Mercados	Mercado Central
	Mercado La Loma
	Mercado Abaroa
	Mercado Bolívar
	Mercado La Paz (Molino)
	Mercado Abasto
	Mercado B. Simón Bolívar
	Mercado Luis de Fuentes
	Mercado Lourdes
	Mercado San Martín
Unidades educativas	Unidad Educativa José Manuel Belgrano
	Unidad Educativa Bolivia
	Unidad Educativa Esteban Migliacci
	Unidad Educativa Narciso Campero
	Unidad Educativa San Jerónimo
Centros policiales	Comisaría Policial
	Puesto Policial
	Centro Policial
	Centro Policial N. Campero
	Cuartel Bomberos
	Centro Policial Los Chapacos
	Estación Policial San Jorge
	Puesto Policial B. San Pedro
	Unisave R. Patrulla 1 10
	Unisave Estación policial No. 1 PAC
Unisave Brigada de Protección a la Familia	
Plazas, parques y jardines	Todos los predios

El principal objetivo del GAMT es satisfacer las necesidades colectivas de la urbe, según lo establecido por la ley para su desarrollo y fines del Estado

El número de funcionarios en las instalaciones consideradas por nivel se mencionan en la tabla a continuación:

Tabla 3. Número de funcionarios por nivel.

Nivel	N.º Funcionarios
Central	911
Unidades descentralizadas	1.354
TOTAL	2.265

Fuente. Informe de resultados del cálculo de huellas del GAMT.

Huella de carbono

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

Tabla 4. Fuentes de emisión de GEI consideradas en el estudio por nivel

	Fuentes de emisión	
	Nivel Central	Unidades Descentralizadas
Alcance 1	Consumo de gasolina	
	Consumo de diésel	
	Emissiones fugitivas de equipos de aire acondicionado	
Alcance 2	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía eléctrica
	Consumo de papel	
Alcance 3	Generación de residuos sólidos enviados a rellenos sanitarios	
	Viaje al trabajo (viajes del personal de sus casas al lugar de trabajo) (<i>commuting</i>)	

Fuente. Informe de cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Tarja.

Las fuentes de emisión identificadas se encuentran dentro de los límites operativos y organizacionales del GAMT, lo que quiere decir que se tomaron en cuenta todas las actividades del GAMT que están bajo responsabilidad operativa y/o financiera de la institución¹¹.

Según lo reportado por el Gobierno municipal, es posible que existan consumos de combustibles y papel en las unidades municipales del nivel Unidades descentralizadas, sin embargo, estos consumos estarían centralizados en los reportes financieros del nivel central, por lo que la generación de dichas emisiones se reportan dentro de este último. No ha sido posible calcular las emisiones de GEI por generación de residuos sólidos ni las emisiones por el traslado de los funcionarios al trabajo, debido a la dificultad de obtener la información de número de funcionarios en las unidades descentralizadas.

Las fuentes de información, así como los instrumentos empleados para obtener los datos de consumos y los datos de actividades del GAMT, se mencionan en la tabla 5. Los consumos de combustibles (gasolina y diésel), energía eléctrica y materiales fueron obtenidos de cada unidad municipal.

Las fuentes de emisión identificadas se encuentran dentro de los límites operativos y organizacionales del GAMT, esto quiere decir que se tomaron en cuenta todas las actividades del GAMT que están bajo responsabilidad operativa y/o financiera de la institución.

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

Nivel	Alcance 1		Alcance 2		Alcance 3		
	Consumo gasolina	Consumo diésel	Emisiones fugitivas	Consumo energía eléctrica	Consumo de papel	Generación de residuos sólidos	Viaje al trabajo
Central							
Unidades descentralizadas	N/A	N/A	N/A		N/A	N/A	N/A

● GAMT
 ● Encuestas
 ● Estimaciones realizadas por Servicios Ambientales S.A con base en estudios previos
 N/A No aplica

Fuente. Informe de cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija.

Para la estimación de las emisiones por viajes al trabajo, se aplicaron encuestas a los funcionarios del municipio de Tarija¹².

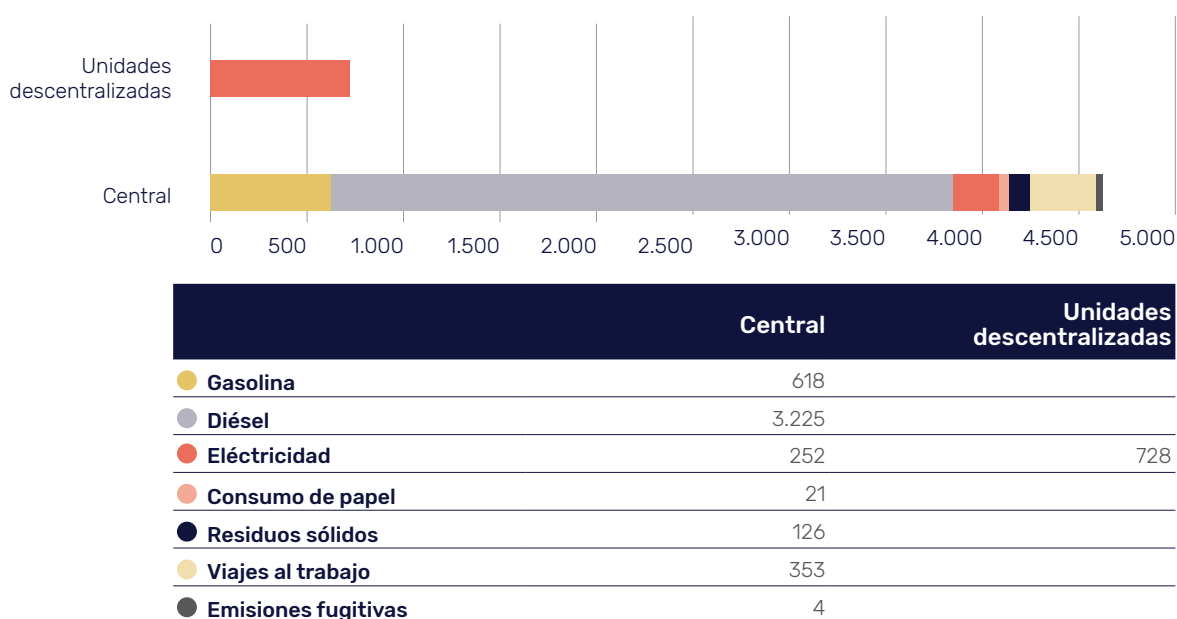
El dato de cantidad de residuos sólidos que genera un funcionario administrativo del municipio de Tarija fue estimado a partir de promedios de generación per cápita de residuos sólidos mixtos en oficinas con características similares (por ejemplo, oficinas administrativas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz).

¹¹ Según la determinación de categorías relevantes de acuerdo con el enfoque de control operacional del GHG Protocol.

¹² Se efectuaron 118 encuestas en el personal del GAMT. Este tamaño de muestra sobre un universo de alrededor de 911 funcionarios de las unidades evaluadas representa un nivel de confianza del 95% y un error estimado del 7%.

La huella de carbono resultante de estos dos niveles priorizados es, en total, de 5.326 t CO₂e. Estas emisiones equivalen en magnitud al consumo de energía eléctrica de 6.700 hogares urbanos en Tarija en un año¹³, el dióxido de carbono secuestrado por 177 hectáreas sembradas con árboles de eucalipto en 10 años¹⁴, o las emisiones de metano evitadas por la descomposición de 5.200 toneladas de residuos orgánicos en rellenos sanitarios¹⁵. El nivel con mayor aporte a la huella de carbono es el central, con 85 % (4.598 t CO₂e), seguido por las emisiones de las unidades descentralizadas (14 %).

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



Fuente. Informe de cálculo de Huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija.

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

- Huella de carbono per cápita: 5,85 t CO₂e
- Consumo de energía eléctrica per cápita: 2.650 kWh
- Consumo de papel per cápita: 0,01 t
- Consumo de gasolina per cápita: 274 litros
- Consumo de diésel per cápita: 1.246 litros

¹³ En base al consumo de energía eléctrica promedio de hogares urbanos en Tarija. Datos empresa distribuidora SETAR.

¹⁴ Con base en las capacidades de absorción por especie IPCC 1996. Orientación sobre las buenas prácticas para el uso de la tierra, cambio del uso de tierra y silvicultura.

¹⁵ Con base en emisiones por descomposición de residuos tipo comida IPCC 1996. Guías para la cuantificación de GEI.

El análisis de la huella de carbono por fuente de emisión muestra que el consumo de diésel es la principal fuente de emisión con 61 % del total, seguido por el consumo de energía eléctrica con el 19 %; en tercer lugar de importancia, se encuentra el consumo de gasolina con 12 %, el restante 8 % se genera por el resto de los rubros analizados.

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. La huella hídrica del GAMT se calculó considerando las **HH directas azul y gris**¹⁶, al representar el volumen de agua sobre el que el GAMT tiene control e impacto directo. Las huellas hídricas incorporadas en la evaluación se encuentran dentro de los límites organizacionales del Gobierno municipal, y específicamente corresponden a las actividades de uso, consumo y contaminación de agua en sus instalaciones físicas y los servicios municipales que ofrecen a la ciudadanía.

Las fuentes de información, así como los instrumentos empleados para obtener los datos de consumos y variables del GAMT se mencionan en la siguiente tabla. El volumen de agua facturada y el consumo de papel fueron datos proporcionados por la Unidad de Servicios Generales del Gobierno municipal. El volumen de efluentes fue estimado a partir de la identificación de los usos y consumos de agua por parte de los funcionarios del GAMT dentro de sus oficinas, y esta información se levantó a través de encuestas realizadas a un número de muestra de funcionarios representativos del GAMT¹⁷.

La HH gris se midió tomando en cuenta como parámetros de calidad del afluente y efluente (los indicadores DBO5 y DQO). Estos datos fueron proporcionados por la empresa de agua Cosaal a partir de los análisis de monitoreo que realizan en la planta de tratamiento de agua residual de la ciudad. Y el volumen del efluente fue estimado con base en la información de encuestas y entrevistas que se realizaron a los funcionarios del GAMT sobre sus hábitos diarios de uso y consumo de agua dentro de sus oficinas.









La Huella Hídrica del GAMT se calculó considerando las HH directas Azul y Gris, al representar el volumen de agua sobre el que el GAMT tiene control e impacto directo





¹⁶ No se incluyó el cálculo de la HH verde por mantenimiento de áreas verdes, ya que este cálculo fue incluido en el estudio a nivel de ciudad.

¹⁷ Se aplicaron encuestas a 119 de un total de 911 funcionarios del Gobierno municipal. El análisis representativo muestra un 95 % de confianza y un margen de error de 5 %.

¹⁸ Cosaal reporta un índice de calidad de agua potable distribuida dentro de la categoría “Alta”, que según PNUMA considerada una carga de DBO5 menor a 3 mg/l.

Tabla 6. Fuentes de información e instrumentos empleados para levantar los datos requeridos

Huella Hídrica Directa				
Nivel	Volumen de agua facturada (afluente)	Volumen de agua del efluente	Calidad (afluente)	Calidad (efluente)
Central				
Unidades Descentralizadas				

 GAMT
  Estimado a partir de encuestas a los funcionarios
  PNUMA¹⁸
  COSAALT

Fuente. *Elaboración propia.*

Tabla 7. Fuentes de información detallada considerada para evaluación de huella hídrica

Datos de actividad	Fuente
Organigrama del Gobierno municipal	Municipio de Tarija (2015). Unidad de Organización y Métodos. Organigrama municipal. Información publicada en la página web del Gobierno municipal ¹⁹ .
Número de funcionarios	Archivos gestión 2015 Recursos Humanos. Solicitud mediante Nota 01/06/16. Información no publicada.
Número de visitantes en promedio al mes	Archivos gestión 2015 Recursos Humanos. Solicitud mediante Nota 01/06/16. Información no publicada.
Consumo de agua facturada	Unidad Municipal de Servicios Generales del Gobierno municipal. Nota de respuesta N.º SG - 393/16. Información no publicada.
Uso de agua en actividades dentro de las oficinas	Servicios Ambientales S.A (2016). Encuestas realizadas en línea a los funcionarios de Gobierno municipal. Información no publicada.
Evaporación en actividades domésticas	Water Footprint Network (2005). Report50-NationalWaterFootprints-Vol2. Disponible en la página web ²⁰ .

Fuente. *Elaboración propia.*

Para determinar la calidad de agua máximo permisible, el cálculo de HH gris se basó en los límites establecidos en la Ley del Medio Ambiente 1333, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de Bolivia, aplicable en este caso para la Clase D, clasificación en la que se encuentra el río Guadalquivir (principal río de la cuenca de la ciudad), receptor del agua de los efluentes. Estos datos, al igual que las concentraciones de DBO5 y DQO en afluentes y efluentes que se emplearon, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Resumen de parámetros de calidad utilizados en la medición de HH gris

Parámetros de calidad	mg/L
Calidad máximo permisible DBO5	30
Calidad máximo permisible DQO	60
Calidad natural DBO5	2
Calidad natural DQO	4
Calidad del afluente DBO5	2
Calidad del afluente DQO	3,33
Calidad del efluente DBO5	256
Calidad del efluente DQO	426,7

Fuente. *Elaboración propia.*

¹⁹ <https://drive.google.com/file/d/0B0W3ZRx4arngUlo1bXdDX0dsZjg/view?pref=2&>

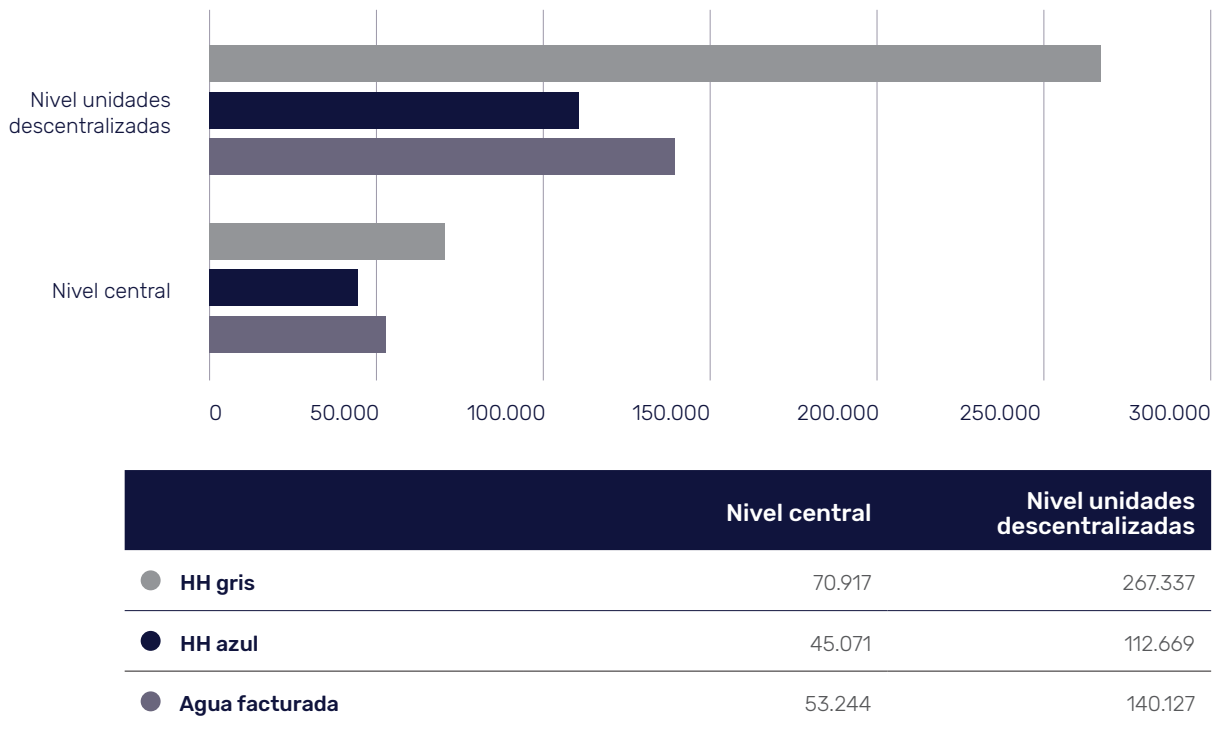
²⁰ <http://waterfootprint.org/en/resources/publications/other-publications/>

La HH total directa del GAMT fue de **495.994 m³** en la gestión 2015, compuesta en **69 % por la HH gris y 31 % azul**. Este resultado muestra que, por cada litro de agua facturada consumida en predios del Gobierno municipal, se requieren 2,56 litros para asimilar la carga contaminante producto de su uso²¹.

El análisis por tipo de huella y niveles muestra que el 23 % de la HH del GAMT corresponde al nivel central, y 77 % al nivel de unidades descentralizadas.

El consumo de agua facturada en el nivel Central es del 28% respecto al total, y el 72% corresponde al nivel de Unidades Descentralizadas.

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



Fuente. Informe de cálculo de Huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija.

La figura muestra que el consumo de agua facturada en el nivel central es del 28 % respecto al total, y el 72 % corresponde al nivel de unidades descentralizadas; sin embargo, la proporción entre las HH azul y gris es diferente en ambos niveles. Esto se debe principalmente a la diferencia del tipo de actividad que se realiza. El nivel central incluye actividades de carácter administrativo, es decir, que el principal consumo de agua es por el uso de baños y en menor proporción por actividades de limpieza, mientras que en las unidades descentralizadas se incluyen actividades de servicio en campos deportivos, unidades educativas y centros policiales, y de servicio y con alto consumo de agua en actividades operativas de limpieza, en mercados y centros de salud. Por tanto, este volumen de agua ha sido considerado en la evaluación como parte de la HH azul.

²¹ Este valor se calculó con base en el análisis de consumo de agua facturada de todos los niveles del GAMT, respecto a la HH directa generada.

05

Resultado
del cálculo de
huellas de la
ciudad de Tarija

Como se mencionó anteriormente, para la evaluación de las huellas de Tarija, se tomó en cuenta el total de distritos que conforman el área urbana de la ciudad y concentran al 91 % de la población total.

La Huella de Carbono de la ciudad de Tarija para el año 2015 fue de 559.891 t CO₂e, cantidad que representa aproximadamente 0,7% de las emisiones generadas en Bolivia

Huella de carbono

La huella de carbono de Tarija para el año 2015 fue de **559.891 t CO₂e**, cantidad que representa aproximadamente 0,7 % de las emisiones generadas en Bolivia, según lo reportado en la Segunda Comunicación sobre Cambio Climático en el año 2009. Para realizar el cálculo de la huella de carbono, se utilizaron los siguientes datos:

Tabla 9. Datos de consumo utilizados para la medición de la huella de carbono de Tarija

Fuente	
Consumo de energía eléctrica en alumbrado público (kWh)	7.004.824
Consumo de diésel en transporte (l)	44.008.890
Consumo de energía eléctrica (kWh) en sectores Residencial, Comercial e Industrial	111.710.364
Consumo de gas licuado (GLP) industrial (kg)	-
Consumo de gas licuado (GLP) residencial y comercial (kg)	1.486.298
Consumo de gas natural industrial (mpc)	1.860.983
Consumo de gas natural residencial y comercial (mpc)	6.279.558
Consumo de gas natural en transporte (mpc)	1.120.396
Consumo de gasolina en transporte (l)	48.662.398
Cantidad de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario (t)	52.427
Volumen de agua residual con tratamiento (m ³)	8.514.720

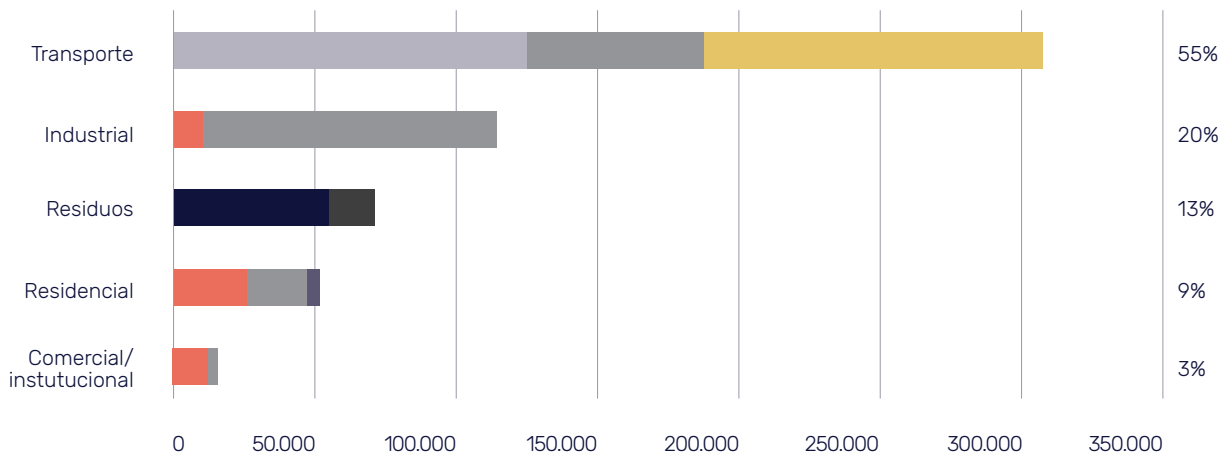
Fuente. Elaboración propia con base en datos de Empresa Municipal de Aseo de Tarija (EMAT), SETAR- Servicios Eléctricos Tarija S.A., Agencia Nacional de Hidrocarburos, Yacimiento Petrolíferos Fiscales Bolivianos (2016) para el diésel y Empresa Tarijeña del Gas (Emtagas)

Entre los principales indicadores obtenidos se puede mencionar los siguientes:

- Huella de carbono per cápita: 2,4 t CO₂e
- Consumo de energía eléctrica per cápita: 493 kWh
- Consumo de gasolina per cápita: 211 litros
- Consumo de diésel per cápita: 189 litros

Del total de la HC de la ciudad de Tarija, se observa en la figura 5 que los sectores con mayor aporte son el de Transporte, seguido del Industrial y el de Residuos. Finalmente, los sectores Residencial y Comercial/ Institucional, sumados, aportan cerca al 12 % del total de la huella.

Figura 5. Huella de carbono total según sector (en t CO₂e) Nivel *BASIC*



	Comercial/ Institucional	Residencial	Residuos	Industrial	Transporte
● Diésel					125.011
● Energía eléctrica	12.281	25.691		10.195	
● Gas natural	2.979	20.930		104.308	62.863
● Gasolina					120.634
● GLP		4.651			
● Residuos			54.000		
● Tratamiento de aguas			16.348		

Fuente. Informe de cálculo de huellas de la ciudad de Tarija.

La principal fuente de emisión de GEI en Tarija es el uso de combustibles en el transporte por el consumo de diésel por el transporte pesado, y la gasolina y gas natural por el transporte público y privado. En Tarija, destaca el alto número de automóviles que circulan en la ciudad y la falta de transporte masivo; de hecho, es la ciudad con mayor número de automóviles en Bolivia, con un automóvil por cada cuatro personas, siendo el promedio de un vehículo por cada ocho personas a nivel nacional²².

El gas natural es un combustible principalmente utilizado en las industrias en Tarija. Las industrias que utilizan en mayor proporción este combustible son: cerámica, cemento, embotelladoras y bodegas de vinos y singanis. El sector de Residuos debe sus emisiones a la descomposición de materia orgánica en el vertedero de la ciudad y a la falta de un sistema de captura y quema de metano²³, y en menor proporción a las emisiones en la PTAR San Luis, que actualmente trata el 60 % de las aguas residuales. En los sectores Residencial y Comercial, las emisiones se deben principalmente al consumo de energía eléctrica y gas natural.

El gas natural es un combustible principalmente utilizado en las industrias en Tarija. Las industrias que utilizan en mayor proporción este combustible son: cerámica, cemento, embotelladoras y bodegas de vinos y singanis.

Tabla 10. Emisiones por sector (en t CO₂e)

Sector	t CO ₂ e
Transporte	308.507
Residuos	70.349
Residencial	51.272
Industrial	114.503
Comercial/Institucional	15.261

Fuente. Informe de resultados del cálculo de huellas de la ciudad de Tarija.

Huella hídrica

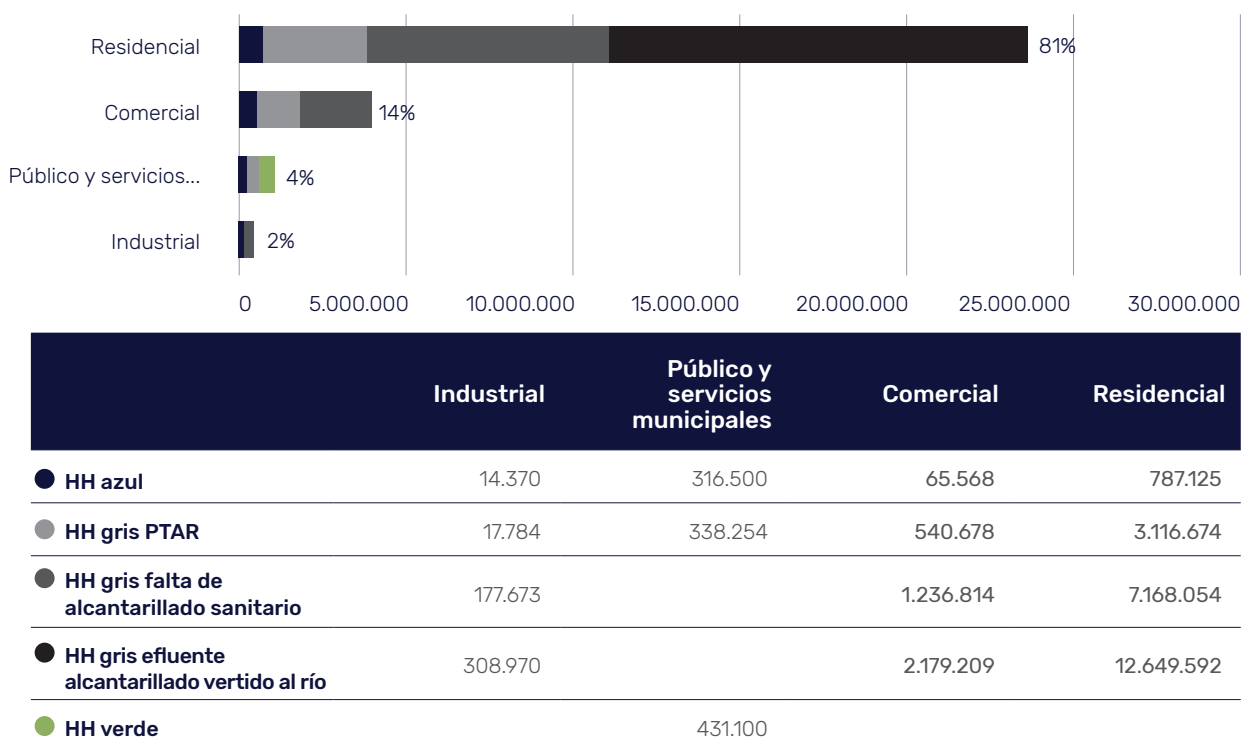
La **HH directa total de la ciudad de Tarija para la gestión 2015 es igual a 29.348.364 m³**. Este volumen equivale a un volumen suficiente para abastecer de agua potable por cuatro años a toda la población. Por otra parte, se requieren 3,7 litros de agua para asimilar la carga contaminante de cada litro de agua residual que se genera en la ciudad.

²² Fuente: CAF, "Parque Vehicular en la Comunidad Andina 2004- 2013".

²³ El metano (CH₄) es un gas con un potencial de calentamiento global 28 veces más alto que el CO₂.

El análisis por tipo de huella permite ver que la composición es: 52 % HH gris por el agua recolectada en el alcantarillado que no se trata en la PTAR y, por tanto, se vierte directamente al río Guadalquivir; 29 % HH gris por conexiones clandestinas y vertido directo a ríos; 14 % HH gris que se refiere al volumen de agua que es tratado en la PTAR, pero que aún la calidad del efluente no cumple con los parámetros establecidos en la norma para el vertido final de efluentes; 4 % 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.

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



Fuente. *Elaboración propia.*

Como se puede observar, el aporte del sector Residencial es el más importante, especialmente por la relevancia de la HH gris por contaminación directa a los ríos, es decir, causada por el sector Residencial de la ciudad que aún no está conectado al sistema de alcantarillado sanitario. Se debe observar también que los sectores Comercial e Industrial están compuestos principalmente por la HH gris, a diferencia del sector público, cuya composición combina de manera casi proporcional los tres tipos de HH, con una participación importante de la HH verde, referida al agua empleada para el cuidado y mantenimiento de las áreas verdes de la ciudad.

Huella ecológica

En el marco del Proyecto Huella de Ciudades, se realizó el cálculo de la huella ecológica en las ciudades de Tarija, Cali y Loja, con fines complementarios a los resultados del cálculo de la huella de carbono y huella hídrica, como principales indicadores de cambio climático para la ciudad.

La huella ecológica es un indicador ambiental que trata de cuantificar en unidades físicas el impacto que ejerce el ser humano sobre su entorno, considerando para ello los recursos disponibles y los residuos producidos para mantener unos determinados hábitos de consumo y un modelo de producción ya establecido²⁴. La unidad en que se expresa la huella ecológica es en superficie (hectáreas) por número de habitantes.

La huella ecológica del municipio de Tarija es de **3,46 Gha/hab.**²⁵. Si todos los habitantes del mundo vivieran como un residente promedio de Tarija, se necesitarían dos planetas para soportar dicho estilo de vida.

A continuación, se muestran los resultados globales de la huella ecológica de la ciudad de Tarija.

²⁴ "Nuestra huella ecológica. Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra". Mathis Wackernagel y William Rees. LOM Ediciones.

²⁵ Una hectárea global (Gha) es una unidad de medida empleada para cuantificar la biocapacidad del planeta. Una hectárea global es la media de la bioproductividad de todas las hectáreas consideradas "productivas" en el planeta, que incluyen tierras de cultivo, bosques y áreas de pesca, glaciares y el mar abierto.

Tabla 11. Resultados de la Huella Ecológica para Tarija

Componente	Tipología de terreno						Total Gha/Hab
	Áreas de absorción de CO ₂	Tierras de cultivo	Tierras de pastoreo	Bosques	Áreas urbanizadas	Áreas de pesca	
Recursos agrícolas	-0,1409	1,5492					1,4083
Recursos de la ganadería	-0,0001	0,0040	1,1129				1,1168
Recursos forestales				0,0184			0,0184
Recursos de la pesca							
Infraestructuras y territorio ocupado					0,1310		0,1310
Uso directo de energía	0,4065		0,0000				0,4065
Bienes de consumo	0,3771						0,3771
Total	0,6425	1,5532	1,1129	0,0184	0,1310		3,4580

Fuente. Informe de cálculo de huella ecológica de la ciudad de Tarija.

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.

El objetivo del plan es lograr la transversalización de la variable de cambio climático en sectores clave (transporte, energía, agua, residuos) y en los proyectos de desarrollo planificados en la ciudad y en proceso de implementación, como, por ejemplo, la implementación de una red de ciclovías. A partir de este ejercicio, se buscó facilitar y promover la implementación de proyectos que incluyan la variable de mitigación y/o adaptación al cambio climático, para que la ciudad avance en su transformación hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente ante los impactos del cambio climático.

Como se explicó en la primera publicación de la serie *Huella de Ciudades*, 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 (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: 2015, corto plazo: 2020, mediano plazo: 2030, y largo plazo: 2040.

El objetivo del plan es lograr la transversalización de la variable de cambio climático en sectores clave (transporte, energía, agua, residuos) y en los proyectos de desarrollo planificados en la ciudad.

Huella de carbono

Las proyecciones en un escenario BAU muestran que hasta el año 2040 las emisiones totales podrían aumentar en un 114 % (de 559.891 t CO₂e en el año base 2015, hasta 1.197.863 t CO₂e el 2040).

Tabla 12. Proyección de emisiones por sector (en t CO₂e)

Año	Residencial	Industrial	Sector residuos	Transporte	Comercial/ Institucional
2015	51272	114503	70348	308507	12419
2020	49665	111166	98846	406068	10882
2030	48760	106345	179794	607811	9172
2040	58666	106345	293016	726653	11084

Fuente. Plan de acción para reducción de huellas de Tarija.

Para proyectar el crecimiento del parque vehicular, se tomó en cuenta la cantidad de vehículos registrados en la ciudad de Tarija, que fueron 64.000.

Estas proyecciones fueron realizadas considerando los siguientes aspectos:

- **Sectores Residencial y Comercial/Institucional.** A fin de modelar el crecimiento poblacional a largo plazo (2040), se utilizaron proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia a 2012-2020 para Tarija. Para proyectar la población a 2040, se siguió el patrón de regresión según la proyección de INE para la ciudad. Para el año 2015, se reporta un crecimiento poblacional de 2,88 % anual y, según las proyecciones, se espera que para el año meta 2040 este valor se reduzca al 1,68 % regresivamente.
- **Sectores Residencial, Industrial y Comercial/Institucional.** Para estos también se utilizó la proyección del crecimiento de generación de energía eléctrica y el cambio en el factor de emisión de la matriz energética, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Económico Social 2016-2020 Bolivia. En el caso de generación de consumo de energía para el año 2016, se reporta un crecimiento de 4,2 % y se reduce progresivamente hasta un 2,3 % a 2040, y el factor de emisión es de 0,4 kgCO₂e/kWh, llegando a 0,17 kgCO₂e/kWh en 2040.
- **Transporte.** Para proyectar el crecimiento del parque vehicular, se tomó en cuenta la cantidad de vehículos registrados en la ciudad de Tarija, que fueron 64.000, de acuerdo con datos del INE e históricos del crecimiento del parque vehicular. En el año 2015, se reporta un crecimiento de 6 % y, de acuerdo con las proyecciones, se espera que este porcentaje se reduzca hasta un 1,1 % al año 2040 de manera progresiva.
- **Residuos.** En el caso de la proyección del aumento en la generación de residuos sólidos, se tomó como dato inicial las 52.427,5 toneladas de residuos dispuestas en el relleno sanitario en Tarija, e información de datos históricos de generación de residuos sólidos proporcionada por el Gobierno Autónomo Municipal de Tarija. En 2016, se tiene un crecimiento de 8,3 % que se espera se reduzca en el tiempo hasta alcanzar un 4,3 % al año 2040.

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

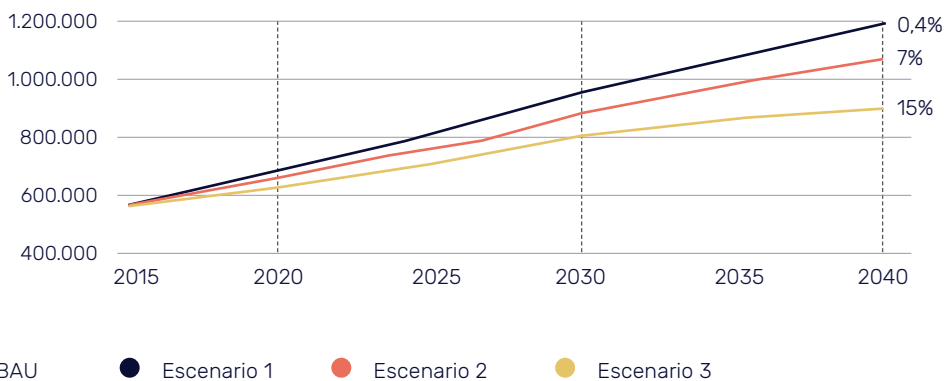
Tabla 13. Proyectos del plan de acción de huella de carbono de Tarija

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Ámbito de acción: Transporte		
Red de ciclovías 14 km	• Sistema de buses (GNV)	<ul style="list-style-type: none"> • Plan Integral de Ciclovías • Implementación de 2 CRTV adicionales • Taxis eléctricos • Promoción de vehículos eléctricos de transporte privado • Sistema de buses (eléctricos) • Día del peatón • Restricción de uso de vehículos en el centro de la ciudad • Programa de conducción eficiente
Ámbito de acción: Energía		
Cambio parcial de luminarias de alumbrado público por tecnología LED	• Cambio total de luminarias de alumbrado público por tecnología LED	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia energética y autogeneración solar en hogares • Eficiencia energética y autogeneración en los sectores Industrial, Comercial y público
Ámbito de acción: Residuos		
	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y construcción del nuevo relleno sanitario que incluya sistema de captura y quema de metano. • Implementación del Eje Aseo Urbano en el marco del Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PMGIRS) 	• Captura y quema de metano en PTAR

Fuente. Plan de acción para reducir las huellas de la ciudad de Tarija.

La siguiente figura muestra la reducción de emisiones para los escenarios planteados desde 2015 hasta 2040.

Figura 7. BAU y reducción de emisiones por escenarios

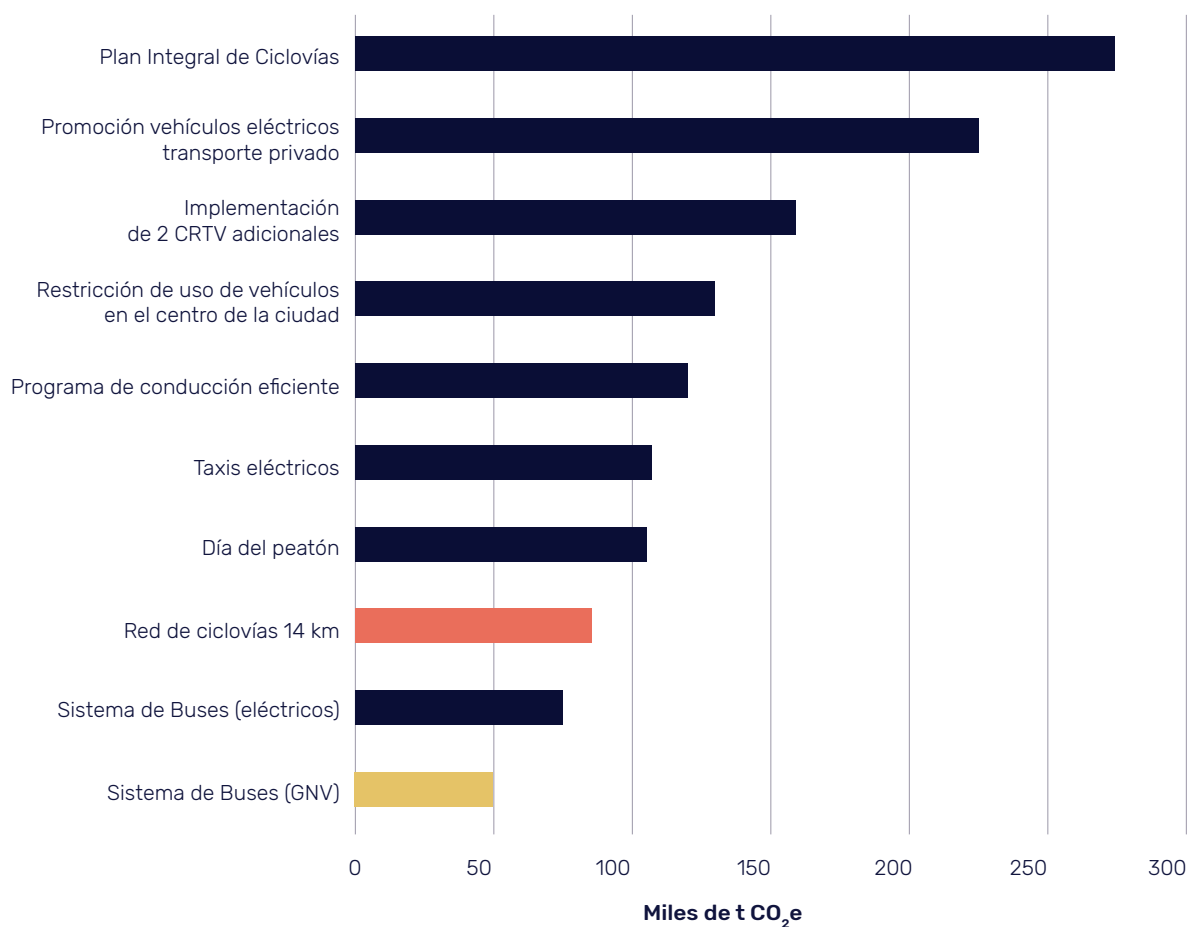


Fuente. Plan de acción para reducir las huellas de la ciudad de Tarija.

Considerando el potencial de reducción de los proyectos identificados en los tres escenarios planteados, la HC de la ciudad de Tarija tiene el potencial de reducir hasta un 15 % de las emisiones acumuladas a 2040, que se lograría si se implementan todos los proyectos aprobados, planificados y propuestos.

Realizado el análisis sectorial, se observó que las medidas dentro del sector Transporte tienen mayor potencial de reducción respecto a la HC total proyectada, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8. Potencial de reducción de emisiones de GEI en el sector de Transporte por proyecto acumulado al 2040



Fuente. Plan de acción para reducir las huellas de la ciudad de Tarija.

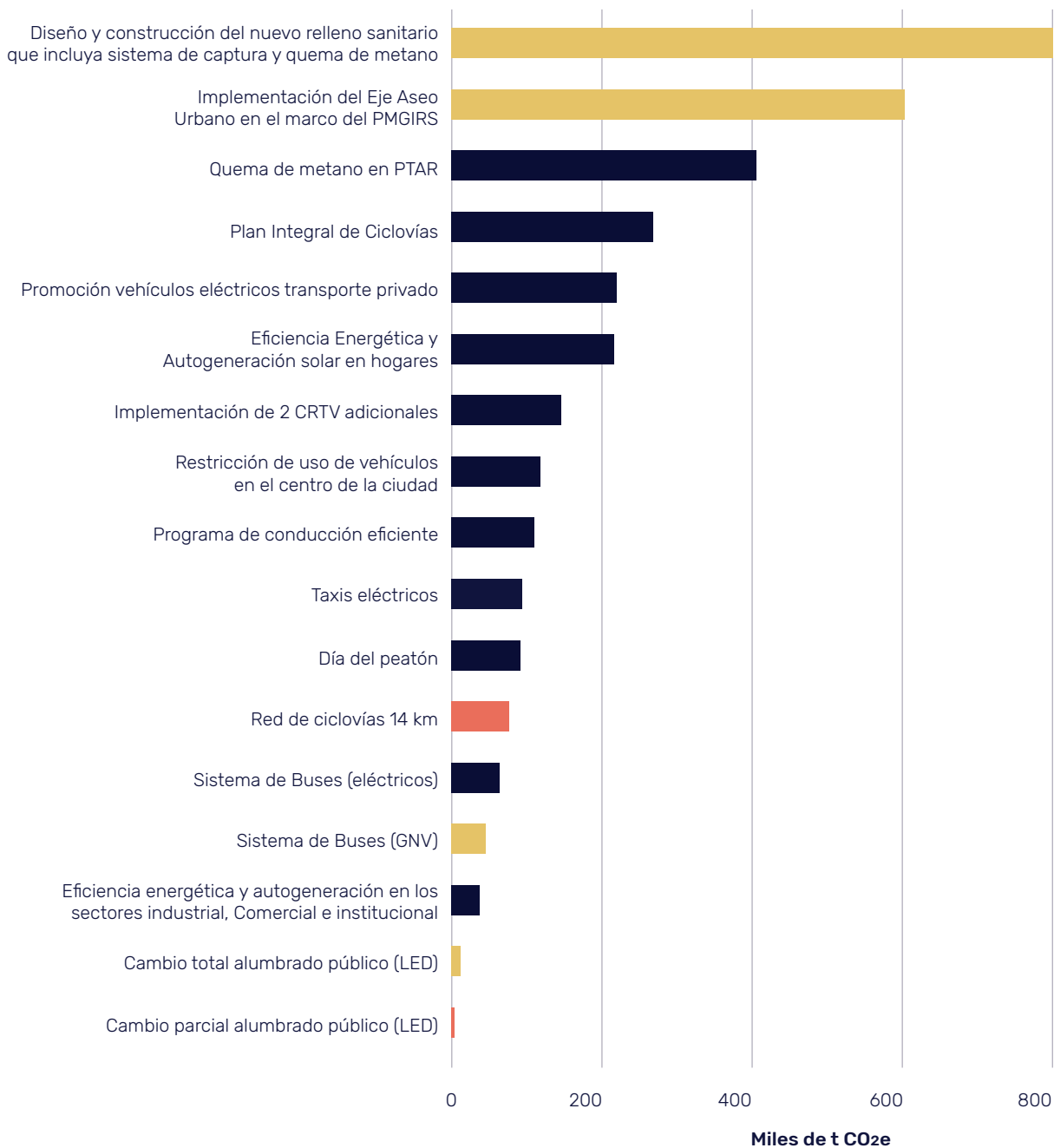
Del total de emisiones acumuladas del sector Transporte que podrían llegar a reducirse (considerando el escenario 3), los proyectos de Sistema Integrado de Transporte con buses eléctricos, taxis eléctricos y promoción de vehículos particulares eléctricos juntos son los proyectos que tiene mayor potencial de reducción.

Posteriormente, a partir de documentación provista por parte del GAMT, 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. Se debe considerar que para el análisis de costo-eficiencia se utilizaron las reducciones de emisiones acumuladas a 2040.

La siguiente figura presenta los proyectos según el potencial de reducción de la huella de carbono, diferenciados por escenario según el color (verde = escenario de reducción 1; amarillo = escenario de reducción 2, y rojo = escenario de reducción 3).

Figura 9. Proyectos priorizados según potencial de reducción



Fuente. Elaboración propia.

Los proyectos con mayor potencial son el diseño y construcción del nuevo relleno sanitario que incluya sistema de captura y quema de metano, la implementación del Eje Aseo Urbano en el marco del Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PMGIRS), la quema de metano en PTAR y el Plan Integral de Ciclovías.

Si bien el potencial de reducción es un indicador bastante útil para elegir qué acciones debería priorizar e implementar el municipio, existen también otros criterios que deben ser tomados en cuenta, como, por ejemplo:

- Índice costo-eficiencia
- Costo de inversión
- Viabilidad




En esa línea, a continuación, se presentan los resultados de una evaluación de todos los proyectos que forman parte del plan de acción, y que pueden contribuir a la reducción de la huella de carbono de la ciudad de Tarija. Se utilizaron los siguientes criterios de evaluación:

Tabla 14. Criterios de evaluación Análisis semáforo

Criterio			
Potencial de reducción (t CO₂e)	< 100.000	Entre 100.000 y 500.000	>500.000
Prioridad para el municipio	Baja	Media	Alta
Índice costo-eficiencia (USD/t CO₂e)	> 500	Entre 100 y 500	<100
Viabilidad	0	Proyecto en ejecución, no requiere financiamiento	
	1	Proyecto viable a largo plazo	
	2	Proyecto viable a mediano plazo	
	3	Proyecto viable a corto plazo	
Costo de inversión (en USD millones)	> 50	Entre 5 y 50	< 5

La inversión no se cuantifica en el puntaje total debido a que ya se incluye en el índice de costo-eficiencia.




También se asignaron los siguientes puntajes a cada uno de los tres niveles de calificación:

Nivel de calificación				
Puntaje	3	2	1	0 ²⁶

Fuente. *Elaboración propia.*

Se muestra primero la evaluación realizada al grupo de acciones que no requieren un monto de inversión importante por ser más de carácter normativo, por tanto, la inversión podría ser cubierta con presupuesto del municipio:

Tabla 15. Proyectos de carácter normativo

Acción	Potencial de reducción	Puntuación
Día del peatón ***		2
Restricción de uso de vehículos en el centro de la ciudad***		1
Programa de conducción eficiente***		1

*** Proyectos del Escenario 3

Fuente. *Elaboración propia.*

Como se puede observar, la medida que obtuvo un mayor puntaje para este grupo es la de ampliación del Día del peatón.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación realizada al segundo grupo de acciones, que son aquellas que sí requieren montos más significativos de inversión:

²⁶ Únicamente para la viabilidad.

Tabla 16. Proyectos que requieren inversión

Acción	Potencial de reducción	Índice costo - efectividad	Viabilidad	Puntuación	Inversión
Diseño y construcción del nuevo relleno sanitario que incluya sistema de captura y quema de metano***	●	●	●	9	●
Implementación del Eje Aseo Urbano en el marco del Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PMGIRS)***	●	●	●	9	●
Plan Integral de Ciclovías***	●	●	●	8	●
Eficiencia Energética y Autogeneración solar en hogares***	●	●	●	6	●
Eficiencia energética y autogeneración en el sector industrial, comercial e institucional***	●	●	●	4	●
Cambio total alumbrado público (LED)**	●	●	●	4	●
Cambio parcial alumbrado público (LED)*	●	●	●	4	●
Quema de metano en PTAR***	●	●	●	6	●
Implementación de 2 CRTV adicionales***	●	●	●	6	●
Taxis eléctricos***	●	●	●	5	●
Promoción vehículos eléctricos transporte privado***	●	●	●	4	●
Sistema de Buses (eléctricos)***	●	●	●	4	●
Sistema de Buses (GNV)**	●	●	●	4	●
Red de ciclovías 14 km*	●	●	●	5	●

* Proyectos del Escenario 1

** Proyectos del Escenario 2

*** Proyectos del Escenario 3

Fuente. *Elaboración propia.*

Como se puede observar, las tres (3) acciones que obtuvieron el mayor puntaje fueron:

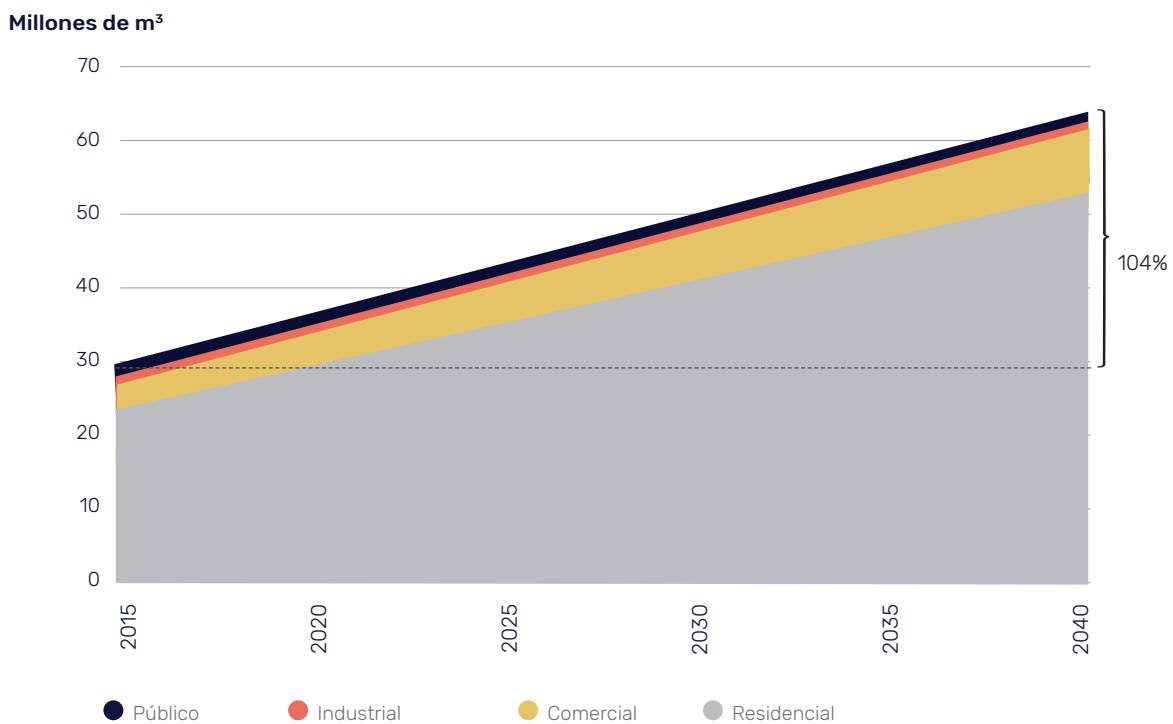
- Diseño y construcción del nuevo relleno sanitario que incluya sistema de captura y quema de metano.
- Implementación del Eje Aseo Urbano en el marco del Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PMGIRS).
- Plan Integral de Ciclovías.

En los anexos del plan de acción se desarrolla cada una de las medidas priorizadas en fichas, considerando y explicando cada uno de los criterios utilizados, así como el estatus de cada proyecto, costo estimado de inversión, los principales actores involucrados, las condiciones habilitantes y potenciales fuentes de financiamiento. De igual manera, se elaboraron fichas a detalle para las acciones priorizadas.

Huella hídrica

La huella hídrica BAU proyectada para 2040 asciende en 104 % respecto a la línea base en 2015, de 29.348.364 m³ a 63.737.219 m³. A continuación, la siguiente figura muestra el crecimiento BAU de la HH por sectores de la ciudad.

Figura 10. Huella hídrica en el escenario BAU



Fuente. *Elaboración propia*

Estas proyecciones fueron realizadas considerando los siguientes aspectos:

- Para el año 2015, se reporta un crecimiento poblacional de 2,88 % anual y, según las proyecciones, se espera que para el año meta 2040, este valor se reduzca al 1,68 %. 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.
- A fin de modelar el crecimiento poblacional a largo plazo (2040), se utilizaron proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia para el periodo 2012 a 2020 para Tarija.

- Para proyectar la población a 2040, se siguió el patrón de regresión según la proyección de INE para la ciudad. Para el año 2015, se reporta un crecimiento poblacional de 2,88 % anual y, según las proyecciones, se espera que para el año meta 2040 este valor se reduzca al 1,68 % regresivamente.
- Se asume que la población consume el mismo volumen de agua per cápita (195 l/hab.-día), reportado en la línea base de la HH de Tarija en 2015.
- Se asume que la oferta de agua crece respecto a la demanda.
- Se asume que el sector Comercial crece en relación con el crecimiento poblacional.
- Se asume que el sector Industrial mantiene su consumo de agua y HH constantes.
- Se asume que el sector público y de servicios municipales mantiene su consumo de agua y HH constantes.
- Se asume que la HH verde se mantiene constante.

A continuación, la siguiente tabla presenta un resumen de los proyectos considerados en el plan de acción de huella hídrica de Tarija por escenario y ámbito de acción.

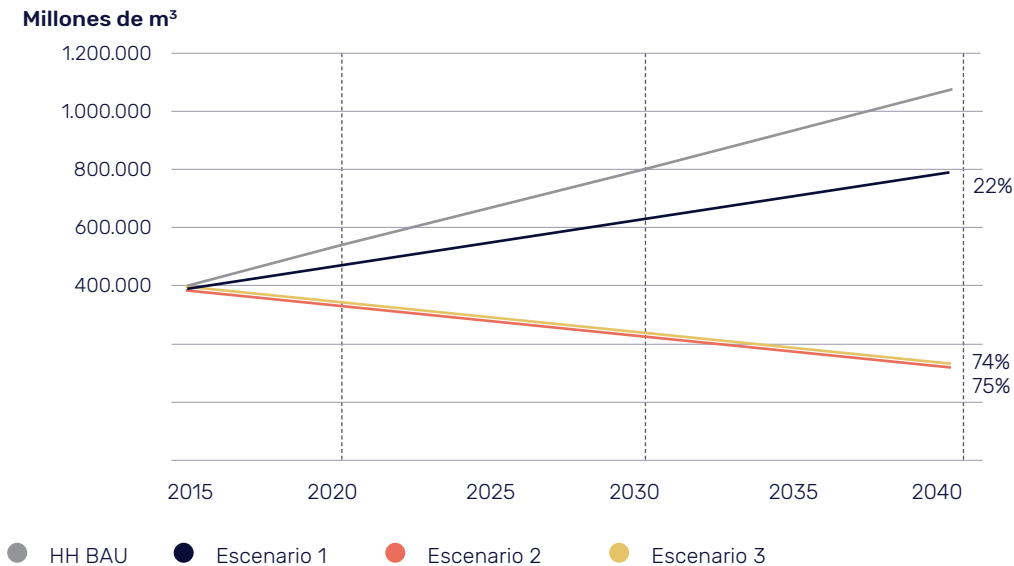
Tabla 17. Proyectos del plan de acción de huella hídrica de Tarija

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Ámbito de acción: Reducción de la huella hídrica.		
<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de una micro PTAR descentralizada e implementación de alcantarillado sanitario. * Micro PTAR San Jorge II 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño e implementación de seis micro PTAR descentralizadas e implementación de alcantarillado sanitario. * Micro PTAR San Pedro y San Blas *Micro PTAR Las Barracas, Cabeza de Toro, Nuevo Amanecer y Monte Sud. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de una PTAR industrial para el matadero municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la eficiencia de la PTAR San Luis con tecnología anaerobia, filtros percoladores y decantador secundario, para tratar el 60 % de agua residual de las zonas centrales de la ciudad. 	
Ámbito de acción: Aumento en la distribución y oferta de agua potable.		
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de pérdidas en la distribución de agua potable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de fuentes de agua a través de la implementación del Proyecto de Saneamiento del Río Guadalquivir y Manejo Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central de Tarija. 	
Ámbito de acción: Reducción de la demanda de agua potable.		
		<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Gestión de la Demanda de Recursos Hídricos en el sector Residencial. • Recirculación del agua de lluvia del drenaje pluvial y de las PTAR para fines de riego y limpieza, a través de cisternas.

Fuente. *Elaboración propia.*

A continuación, la figura presenta los escenarios de reducciones de la HH en función de los proyectos considerados a corto (2020), mediano (2030) y largo (2040) plazos, a partir del escenario BAU modelado.

Figura 11. BAU y reducción de HH por escenarios



Fuente. *Elaboración propia.*

Con la implementación de proyectos del escenario de reducción 1 se logra reducir la HH en 22 %. Los proyectos considerados son::

- Implementación de una micro PTAR descentralizada, San Jorge II, e implementación de alcantarillado sanitario utilizando tecnología secundaria para la descontaminación del agua residual. Esta acción por sí sola representa el 22 % de la reducción.
- Implementar una PTAR industrial para el matadero municipal con tecnología secundaria para la descontaminación del agua residual²⁷. Esta acción contribuye a la reducción en solo el 0,1 % de la HH, sin embargo, existen beneficios amplios de carácter ambiental y social.

En el escenario de reducción 2, los proyectos adicionales a los del escenario de reducción 1 logran una reducción total de la HH de 74 %. Son los siguientes:

- Diseño e implementación de seis micro PTAR descentralizadas y alcantarillado sanitario. Con la implementación de las siete micro PTAR en total, planificadas y en ejecución (escenario 1), se espera reducir el 40 % de agua residual tratada. Actualmente, las micro PTAR San Pedro y San Blas ya cuentan con un estudio de diseño final de proyecto, mientras que para las micro PTAR Cabeza de Toro, Nuevo Amanecer, Las Barracas y Monte Sud aún se está

²⁷ La meta definida por el GAMT considera el tratamiento del 100 % del agua residual del matadero municipal a 2020. Por tanto, este porcentaje se mantiene constante para las siguientes proyecciones a 2030 y 2040.

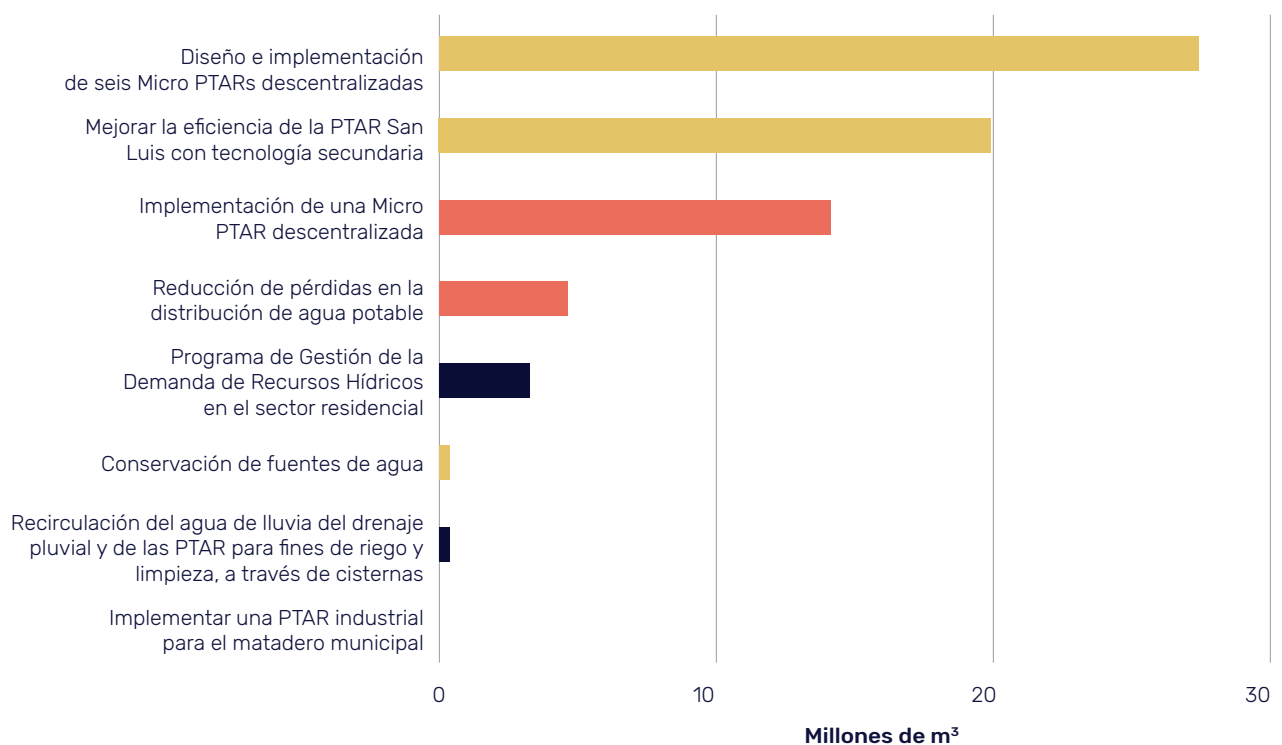
buscando presupuesto para su implementación. Este proyecto tiene un impacto del 43 % en la reducción de la HH.

- Mejorar la eficiencia de la PTAR San Luis con tecnología anaeróbica, filtros percoladores y decantador secundario, para tratar el 60 % de agua residual de las zonas centrales de la ciudad. Este proyecto tiene un impacto del 31 % en la reducción de la HH de la ciudad.

La siguiente figura presenta los proyectos según el potencial de reducción de la huella hídrica, diferenciados por escenario.

Cabe remarcar que los proyectos del siguiente ranking muestran su eficiencia en distintos tipos de impacto según los ámbitos de acción considerados en este plan, su impacto en la reducción de la HH, la reducción en la demanda de agua y el aumento en la oferta de agua en m³.

Figura 12. Proyectos priorizados según su potencial impacto



Fuente. *Elaboración propia.*

Los proyectos con mayor potencial son:

- Diseño e implementación de seis micro PTAR descentralizadas (San Pedro, San Blas, Cabeza de Toro, Nuevo Amanecer, Las Barracas y Monte Sud).

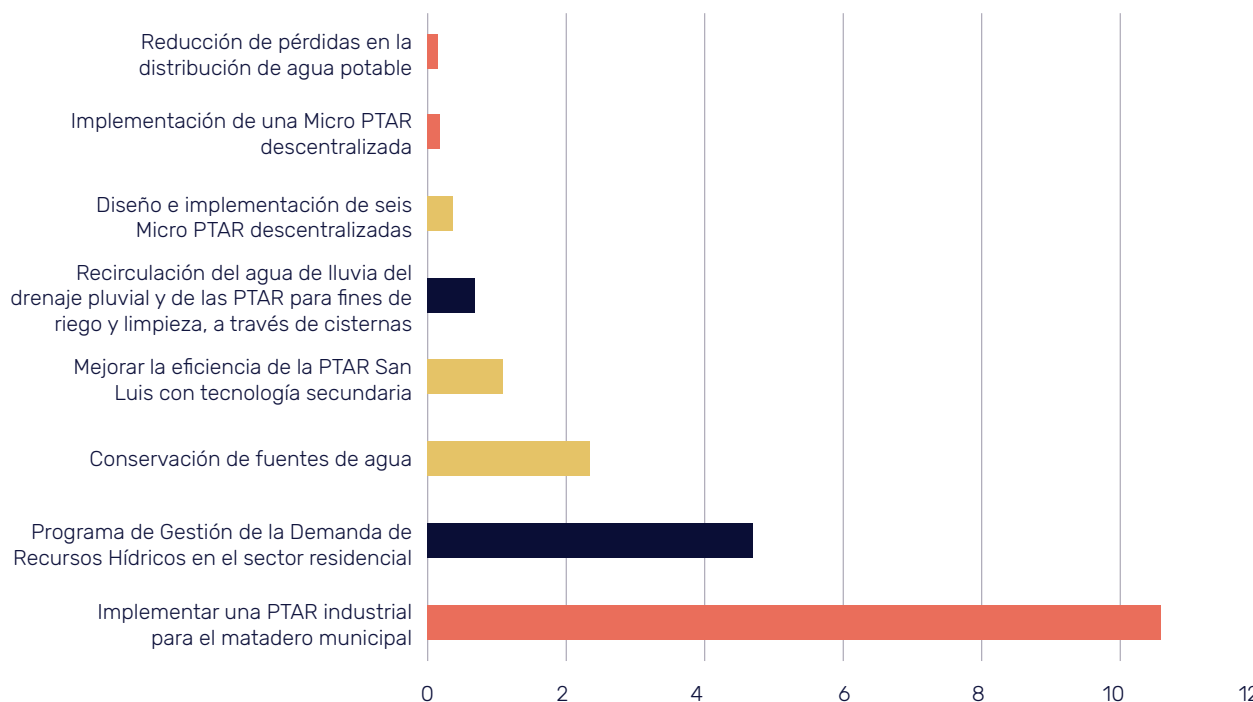
- Mejorar la eficiencia de PTAR San Luis con tecnología secundaria.
- Implementación de una micro PTAR descentralizada (San Jorge II).

A partir de documentación provista por parte de la alcaldía, 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 gráfica a continuación.

Como se observa en la figura, los proyectos con mayor costo-eficiencia son: reducción de pérdidas en la distribución de agua potable, la implementación de una micro PTAR descentralizada (San Jorge II), diseño e implementación de seis micro PTAR descentralizadas, y la recirculación del agua de lluvia del drenaje pluvial de las PTAR para fines de riego y limpieza, todas con costos menores a USD 0,66 por m³ tratado.

Los proyectos con mayor costo-eficiencia son: reducción de pérdidas en la distribución de agua potable, la implementación de una micro PTAR descentralizada.

Figura 13. Proyectos ordenados según índice costo-eficiencia (en USD/m³)



Fuente. Elaboración propia.

La medida con menor costo-eficiencia es la implementación de una PTAR industrial para el matadero municipal con un costo de USD 10,6 por cada m³ tratado.

Mediante un análisis multicriterio, se realizó la priorización de proyectos para el desarrollo de fichas que contienen información detallada. Los criterios considerados para este fin son:

- Potencial de impacto
- Índice costo-eficiencia
- Viabilidad

A continuación, se presentan los resultados del análisis, realizados a todas las acciones que forman parte del presente plan de acción, y que pueden contribuir a la reducción de la huella hídrica y mejorar la sostenibilidad ambiental en la ciudad de Tarija, considerando los mismos criterios descritos anteriormente para la huella de carbono.

Tabla 18. Priorización de acciones para mitigar la huella hídrica

Acción	Potencial	Índice costo - efectividad	Viabilidad	Puntaje total	Inversión
Implementación de una Micro PTAR descentralizada e implementación de alcantarillado sanitario*	●	●	●	9	●
Diseño e implementación de seis Micro PTARs descentralizadas e implementación de alcantarillado sanitario**	●	●	●	9	●
Mejorar la eficiencia de la PTAR San Luis con tecnología secundaria**	●	●	●	8	●
Programa de Gestión de la Demanda de Recursos Hídricos en el sector residencial***	●	●	●	6	●
Reducción de pérdidas en la distribución de agua potable*	●	●	●	4	●
Recirculación del agua de lluvia del drenaje pluvial y de las PTAR para fines de riego y limpieza, a través de cisternas***	●	●	●	4	●
Conservación de fuentes de agua a través de la implementación del Proyecto de Saneamiento del Río Guadalquivir y Manejo Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central de Tarija.**	●	●	●	4	●
Implementación de una PTAR industrial para el matadero Municipal*	●	●	●	6	●

* Proyectos del Escenario 1

** Proyectos del Escenario 2

*** Proyectos del Escenario 3

Fuente. *Elaboración propia*

Sumando los puntajes para cada medida, se obtuvieron tres (3) proyectos priorizados para Tarija²⁸:

- Diseño e implementación de seis micro plantas descentralizadas de tratamiento.
- Mejorar la tecnología de la PTAR San Luis con tecnología secundaria.
- Programa de gestión de la demanda de recursos hídricos en el sector Residencial.

²⁸ El proyecto de implementación de una micro PTAR descentralizada, San Jorge II, si bien cuenta con un puntaje alto, no se considera dentro del análisis de proyectos priorizados, ya que cuenta con financiamiento para su implementación.

07

Proyectos piloto

Para la ciudad de Tarija, se consideraron dos proyectos piloto:

Plataforma de escuelas ecoeficientes:

A través de este proyecto, se propuso apoyar el proceso de difusión y sensibilización sobre la temática de cambio climático y gestión de huella de carbono y huella hídrica en centros educativos de la ciudad de Tarija, a través de una plataforma en línea que funcione como un instrumento didáctico y pedagógico.

Objetivos específicos/actividades:

Como parte de los objetivos y actividades, se definió la estructura, contenido y diseño de la plataforma en línea. También se desarrollaron herramientas de cálculo de la huella de carbono, huella hídrica y auditorías hídricas para estudiantes de los centros educativos de Tarija (en formato Excel).

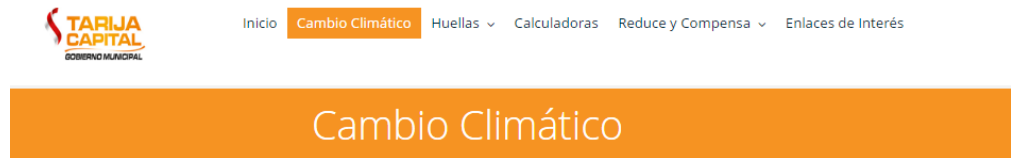
Esta herramienta actualmente es utilizada en el marco del programa de educación ambiental promovido por el GAMT, denominado Ecoescuelas, que tiene el propósito de trabajar en los temas de agua, residuos y energía con sensibilidad climática en unidades educativas del municipio. El programa actualmente es implementado a escala piloto en nueve unidades educativas y se espera ampliar el alcance a todas las restantes.

Como parte de los objetivos y actividades se definió la estructura, contenido y diseño de la plataforma en línea. También se desarrollaron herramientas de cálculo de la Huella de Carbono, Huella Hídrica y auditorías hídricas

Ilustración 2. Captura de pantalla de la herramienta en línea



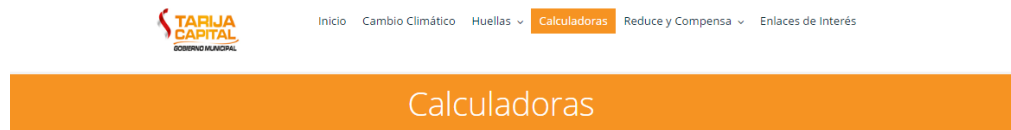
Ilustración 3. Captura de pantalla de la herramienta en línea



Entendamos qué es

Desde el comienzo de la era industrial, en el último siglo, la humanidad ha incrementado drásticamente la explotación y el uso de los recursos naturales; ello paralelo al crecimiento de la población urbana y la adopción de un estilo de vida consumista. Estos grandes cambios han ejercido, y continúan ejerciendo, una significativa presión sobre el ambiente, ya no sólo por la extracción indiscriminada de recursos sino también por la copiosa cantidad de residuos que se generan. Entre estos residuos están los Gases de Efecto Invernadero (GEI), producto de nuestras actividades cotidianas y principales detonantes del calentamiento global y el cambio climático. El cambio climático es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Este fenómeno de origen humano, a su vez, se encuentra aunado en el calentamiento global, el cual causa: deshielo de polos, glaciares y nevados, con el consecuente incremento del nivel del mar; aumento de la evaporación de los mares, ocasionando un intensificación en la frecuencia de eventos lluviosos; y acrecentamiento de la evaporación en la tierra ~~generándose sequías.~~

Ilustración 4. Captura de pantalla de la herramienta en línea



Mide tus huellas

Esta plataforma tiene el propósito de ayudarte a realizar la auditoría hídrica (en el marco del Programa PUREA) a través de un inventario de uso y consumo de agua por las actividades que se realizan, y la medición de la Huella Hídrica y la Huella de Carbono de tu Unidad Educativa. Si eres un estudiante, la calculadora de estudiantes te permitirá conocer cuál es tu Huella de Carbono y Huella Hídrica por todas las actividades que realizas dentro y fuera de la Unidad Educativa, por ejemplo el transporte que utilizas para trasladarte desde la escuela a tu casa, o la energía eléctrica que utilizas para cargar tus aparatos electrónicos y el agua que utilizas durante el día. Una vez que obtengas información de la auditoría y de tus huellas, encontrarás recomendaciones y sugerencias para reducirlas y compensarlas.

Elige tu calculadora



Calculadora Centros Educativos

Calcula las huellas de tu escuela

Hazlo aquí >



Calculadora Estudiantes

Calcula tus propias huellas

Hazlo aquí >

La herramienta está disponible en: <http://huelladeciudades.com/calculadorastarija/>

Resultados:

- Ampliación de conocimientos sobre cambio climático y huellas en estudiantes a partir de la interacción con la plataforma en línea.
- Facilitar la comprensión de los estudiantes sobre el impacto de sus actividades cotidianas en la problemática del cambio climático, a partir del uso de la plataforma que permite la realización de la auditoría hídrica de la institución y las mediciones de la huella de carbono y la huella hídrica.

- Influencia en cambios de actitud y hábitos en estudiantes al sentirse motivados a reducir sus huellas personales y las de sus escuelas.
- ☑ Fomento a actividades de reducción de huellas en los centros educativos a partir de la implementación de actividades de reciclaje, compostaje, lombricultura, uso eficiente de energía, etc.

Propuesta para el diseño del programa de certificación de neutralidad de huellas en el sector vitivinícola, en Tarija.

Esta propuesta tiene por objetivo incentivar la reducción de la huella hídrica y la huella de carbono de la ciudad con base en la reducción de huellas corporativas de empresas ubicadas en Tarija que se adhieran al programa de certificación en neutralidad de huellas organizacionales.

Propuesta:

La propuesta tuvo por objetivo utilizar la huella hídrica y la huella de carbono como instrumentos que le permitieran al municipio, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión Territorial del GAMT y con el apoyo de Servicios Ambientales S.A. (SASA), otorgar una certificación de neutralidad en huella hídrica y huella de carbono organizacional a aquellas empresas o industrias que decidieran sumarse al programa y, en el marco de este, se capacitaran en la metodología para realizar las mediciones, realizaran la verificación y se comprometieran a aplicar medidas de reducción y/o compensación para alcanzar la neutralidad.

Asimismo, se propuso establecer un mecanismo de compensación de huella hídrica y huella de carbono, para que las empresas interesadas en compensar sus huellas pudieran aportar dinero de manera voluntaria a través de un banco, y canalizar esos recursos hacia proyectos de manera que compensaran parte o la totalidad de su huella hídrica y huella de carbono.

Asimismo, se propuso establecer un mecanismo de compensación de huella hídrica y huella de carbono, para que las empresas interesadas en compensar sus huellas pudieran aportar dinero de manera voluntaria a través de un banco.

Tabla 19. Mecanismo de compensación de huellas para el sector vitivinícola

Huella de carbono	Huella hídrica
Reforestación	Conservación de fuentes de agua
Evitar emisiones con la implementación de tecnología solar en comunidades que no cuentan con energía eléctrica.	Reforestación.
Compensación de servicios ambientales	Compra de predios
	Incentivo a los agricultores para cambiar de actividades que tienen un impacto relevante en la degradación de cuencas.

Fuente. *Elaboración propia.*

El esquema propuesto para la compensación de las huellas comprende tres etapas de implementación: la medición, aplicación de medidas de reducción de las huellas y, finalmente, la compensación de las huellas que no pueden ser reducidas.

08

Redes y alianzas

Un aspecto importante a resaltar es la promoción a nivel internacional de la ciudad de Tarija, que se logró a través del cálculo de sus huellas, por ejemplo, a través de facilitar su vinculación con redes, grupos y alianzas internacionales que giran en torno a la temática de ciudades y tienen importante incidencia en el área de cambio climático y otros temas ambientales. Esto ha permitido incrementar la visibilidad y reconocimiento internacional de la ciudad en cuanto a una actitud proactiva hacia temas de cambio climático y, también, abrir la posibilidad de que se establezcan alianzas estratégicas que coadyuven a mejorar los esfuerzos de cada ciudad en la reducción de sus huellas y la difusión de los resultados del proyecto a nivel internacional.

Asimismo, gracias al proyecto, se encuentra en proceso de formalización un hermanamiento con la ciudad ecuatoriana de Loja, que fue proclamado en el encuentro que tuvieron los alcaldes de ambas ciudades durante un evento organizado por el Proyecto Huella de Ciudades en el marco de Hábitat III, realizado en la ciudad de Quito en octubre de 2016.

Un aspecto importante a resaltar es la promoción a nivel internacional de la ciudad de Tarija, que se logró a través del cálculo de sus huellas, por ejemplo, a través de facilitar su vinculación con redes, grupos y alianzas internacionales que giran en torno a la temática de ciudades

Ilustración 5. Intención de hermanamiento entre Loja y Tarija en Hábitat III



Fuente. Registro fotográfico del Proyecto Huella de Ciudades.

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 la obtención de información para el cálculo de línea base de las huellas y la elaboración del plan de acción, se involucraron varias direcciones mediante la de medioambiente (responsable de la implementación del proyecto), y otros sectores y empresas.



Creación de
capacidades
en Gobierno
Autónomo
Municipal
de Tarija

Como parte de la implementación del proyecto se han creado las capacidades técnicas necesarias dentro de la GAMT 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 de la alcaldía, 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, herramientas de cálculo y monitoreo en lenguaje de programación Delphi, entre otros) en un formato amigable y sencillo.

Como parte del proceso de construcción de capacidades a personal de la alcaldía, 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 del Proyecto

Ilustración 6. *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 Tarija se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 20. Principales logros, lecciones y desafíos del proyecto en la ciudad de Tarija

<p>Logros obtenidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incidencia positiva en los discursos del alcalde y otras autoridades del Gobierno Municipal de Tarija y el fortalecimiento de su compromiso a nivel internacional y local con temas de cambio climático. • La vinculación de la ciudad de Tarija con redes, grupos y alianzas internacionales (por ICLEI, CDP y el Pacto de los Alcaldes), además de otras ciudades de la región con similares problemáticas y desafíos, con un hermanamiento con la ciudad de Loja, gestado gracias al proyecto. • Fortalecimiento del compromiso del alcalde y el GAMT para reducir las huellas de su propia institución, a partir de compromisos asumidos. • La creación de capacidades locales dentro del GAMT. • El fortalecimiento de la sensibilización y participación ciudadana 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 GAMT para viabilizar la sostenibilidad del proyecto debe ser continua y requiere mayor tiempo. • La implementación de un sistema de gestión de datos centralizado dentro del GAMT 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 GAMT, por ejemplo, con la Dirección de Planificación, y 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 de la alcaldía y 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. • 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 emisiones, con el sector financiero. • Mantener la vinculación y el intercambio de experiencias entre las ciudades participantes del proyecto.

Fuente. *Elaboración propia.*

