

CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. ANTECEDENTES (MARCO HISTÓRICO)

(Cristian Alfonso Ortiz Sarango, 2018), Realizo la Tesis de Grado: MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, donde se llegó a las siguientes conclusiones:

Se ha obtenido que el valor total de la Huella Hídrica en la Universidad Politécnica Salesiana Quito Campus Sur es de 112.744.028,5 m³ /año.

- De manera específica se obtuvo los tres valores que componen la Huella Hídrica Directa. La Huella Hídrica Azul es 2302.2 m³/año. La Huella Hídrica Gris es igual a 23381,82 m³/año y finalmente se ha calculado que la Huella Hídrica Verde es 5676,48 m³/año.
- Dentro de la Huella Hídrica Directa, la HH Verde representa el 18,10%, la HH Azul el 7,34% y la HH Gris el 74,56%.
- De la Huella Hídrica Total, la Indirecta es la más representativa. Mientras que la Huella Hídrica Directa representa el 0,028% la Huella Hídrica Indirecta 99,972%, casi el 100%.
- A su vez, en la Huella Hídrica Indirecta, el consumo de papel es la actividad que mayor impacto causa, ya que representa el 99,96%, mientras que la Huella Hídrica por el consumo de energía eléctrica es tan solo del 0,04%. (Ortiz Sarango, 2018)

(Erika Johanna Mancero Chicaiza, 2020), Realizó la Tesis de Grado: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA E IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, PARA LA COOPERATIVA DE AHORRO Y CRÉDITO “LUZ DEL VALLE” Ltda., UBICADA EN EL VALLE DE LOS CHILLOS, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, donde se llegó a las siguientes conclusiones:

- La estimación de la Huella Hídrica para la Cooperativa De Ahorro y Crédito “Luz Del Valle” Ltda., ubicada en el Valle De Los Chillos para el año 2019 fue de 32

031 m³/año, de los cuales el 14 % corresponde a la HH directa y el 86 % a la HH indirecta.

- La Huella Hídrica directa compuesta por los tres componentes: Huella Hídrica Azul que es de 1700.94 m³/año, Huella Hídrica Gris de 2912.58 m³/año y Huella Hídrica Verde que no fue calculada en el caso de estudio. Mediante el análisis de sostenibilidad se identificó los índices de escasez, en donde durante los meses de junio a septiembre la HH azul es insostenible, es decir, la demanda de agua no cubre la disponibilidad real de la microcuenca.
- A su vez la HH indirecta conformada por: HH de energía eléctrica 9530.67 m³/año, HH de los suministros de oficina 13628 m³/año, HH de los suministros de cafetería 4259 m³/año. Lo que permite concluir que los mayores consumos de agua se den en el uso de energía eléctrica y suministros de oficina.
- La estrategia más viable para la reducción de la HH es la optimización de los suministros de oficina principalmente del papel bond, anualmente en la COAC se consumen 5 toneladas de papel, mediante el reúso y reciclaje del mismo se tendría un ahorro de 121m³/tonelada; además de ahorros económicos que podrían ser destinados para la implementación de lavabos con sensores de presencia entre otros. (Mancero Chicaiza, 2020)

(Carlos Alberto Tibaquirá Quintero, 2019), Realizo la Tesis de Grado: DETERMINACIÓN DE HUELLA HÍDRICA DEL CENTRO METALMECÁNICO DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Artes Maestría en Construcción, donde se llegó a las siguientes conclusiones:

- El número de ocupantes en el año 2018 disminuyó un 14.33 % frente a lo reportado en 2017, igualmente, la Huella Hídrica Gris (volumen de agua requerida para disolver los contaminantes generados por la edificación) disminuyó 34.67 % en el mismo periodo de tiempo.
- En cuanto a los datos de HH Azul (consumo) vs. Huella Hídrica Gris, se observa un contraste, dado que, en el periodo 2017 se registra una disminución de 20.77% en el volumen de consumo comparado con el siguiente año. En contraposición, el

año 2017 aumentó 106.218 m³ de agua para disolver los contaminantes provenientes de la edificación, respecto a los valores del 2018.

- Para terminar, como se mencionó en el capítulo 5.2 los datos de ocupación vs HH Azul, para el año 2018 se redujeron en 1.653 personas a las 11.538 censadas en el 2017, siendo este dato inverso al consumo de agua potable en la edificación para el año 2018, que incrementó en 4.508 m³ de los 21.708 m³ consumidos en 2017. (Tibaquirá Quintero, 2019)

(Alan Adel Gallardo Roca, 2021), Realizó la Tesis de Grado: EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA A TRAVÉS DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL ÁREA URBANA DE LA POBLACIÓN DE ENTRE RÍOS- PROVINCIA O'CONNOR, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, donde se llegó a las siguientes conclusiones:

- En relación a la cuantificación del consumo actual en las viviendas del área urbana de Entre Ríos, tomando en cuenta la información de campo (Encuestas, consultas informales, medición de caudales) se tiene un consumo de agua actual equivalente 87.460,18 m³/mes correspondiente al área de estudio. El mismo que nos ha permitido calcular las huellas evaluadas.
- En relación a la estimación de huella hídrica evaluadas (azul, gris, verde, indirecta) en las viviendas del área urbana correspondientes a los 9 barrios es decir sector residencial se obtuvo para cada tipo de huella se tiene: La huella indirecta es igual a 18405,5 m³ al mes, que se reflejan en el consumo de los productos de la canasta familiar, el producto más consumido es la Carne con 424 kg/semana solo como muestra de consumo de 72 habitantes, seguido de las Verduras 220kg/semana. Esto es importante en la toma de estrategias para conocer el requerimiento de agua para la producción de alimento.

La huella hídrica azul es igual a 10990,08 m³ al mes un promedio de aprovechamiento de agua potable. Donde los habitantes reflejan en las actividades que mayor uso es en la cocina con 39% y en el aseo 36%. Esto es en base a las encuestas, debido a que no hay uso de medidores se estimó en base a la dotación de los tanques de almacenamiento y las descargas de Aguas Residuales Urbanas (ARD).

Para la huella hídrica Gris se obtuvo que es igual 58008,9 m³ al mes, donde estas aguas grises son vertidas en 3 puntos de descargas que estas conectados al sistema del alcantarillado, pero terminan siendo efluentes directos de contaminación a los a Ríos Santa Ana y Pajonal. Los resultados de laboratorio CEANID nos muestran en base al parámetro DBO₅ que los efluentes de las aguas residuales urbanas sobre pasan los límites máximos permisibles en los tres puntos de descarga. Esto en base a de ley 1333 de Medio Ambiente.

Finalmente, si tiene que la huella hídrica Verde es de 55,7 m³ al mes referida al agua empleada para el cuidado y mantenimiento de las áreas verdes, esto según el informe del Ing. Freddy Malco responsable del Mantenimiento de Áreas Verdes de La Zona Urbana de Entre Ríos que comprende 9 lugares de recreación para la población un total aproximado de 8 hectáreas. La HH Verde en base al programa Cropwat. 8.0 es de 125.436.850 *mm* valor estimado que se refleja en la evaporación de las plantas en relación a las precipitaciones.

- La sostenibilidad de las Huellas Hidrias Azul y Gris no se ve afectada o no es significativo igual a 0,016 HH azul y 0,09 HH gris donde los valores no alcanzan a 1 y no mayor a 4 como más críticos sobre los niveles de impacto ambiental sobre la cuenca. Las estrategias planteadas están enfocadas en la reducción de Huella Hídrica en base al consumo de Agua de los Barrios en la población de Entre Ríos serian:
 - Estrategia N° 1 instalación de medidores.
 - Estrategia N° 2 Cambio en los hábitos de consumo de agua.
 - Estrategia N° 3 Brindar Charlas de Educación Ambiental.
 - Estrategia N° 4 Instalación de sistemas ahorradores en Baños y duchas en las viviendas.
 - Estrategia N° 5 Cambios alimenticios.
 - Estrategia N° 6 Reciclaje del agua en las viviendas.
 - Estrategia N° 7 Sostenibilidad de la Cuenca.

- El presente estudio del cálculo de la huella hídrica aportará una óptima herramienta para informar a quienes toman decisiones del sector residencial (por ejemplo. Para propósitos de planificación estratégica como la implementación de tanques de almacenamiento de agua potable para abastecer a todas las viviendas y nuevas construcciones, establecimiento de prioridades como ser el alcantarillado público, inversiones de recursos necesario al igual que una planta de Tratamiento de ARU.) En definitiva, proporciona una coherente y fiable información con base en evidencia científica para dar el informe de los resultados de la huella de agua.
- En respuesta a la hipótesis planteada se afirmó que la estimación del consumo de agua en las viviendas del área urbana de Entre Ríos, sí propuso un alcance cuantitativo de la huella hídrica: En la HH azul su patrón de aprovechamiento tomando en cuenta su afluente y efluente existe una deferencia de 4,24 lts/s. En relación a la sostenibilidad no se ve afectada. Para la HH gris se tiene un volumen de descarga 22,38. Su índice de contaminación hídrica es sostenible. (Gallardo Roca, 2021, 2020)

1.2.MARCO CONCEPTUAL

1.2.1. Huella hídrica.

El concepto de Huella Hídrica fue introducido por primera vez por Arjen Hoekstra en el Instituto para Educación en Agua de la UNESCO en el año 2002, y fue luego desarrollado por la Universidad de Twente en los Países Bajos y por la Red de Huella Hídrica (WFN). Este concepto fue propuesto como un indicador alternativo a la medición de uso de agua. Como indicador, la huella hídrica es distinta a las estadísticas tradicionales de agua que sólo consideran el uso de agua de consumo y no la extracción de agua (Hoeskstra, 2004)

Es el volumen total de agua dulce utilizado directa o indirectamente para producir un producto o servicio, ésta puede ser dentro de un área geográfica, una cuenca hidrográfica o un país ya que define el agua empleada en los procesos productivos que tienen lugar en dicho territorio. Es un indicador multidimensional, que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuentes y volúmenes de contaminación por cada

tipo de contaminación, y cuyos componentes de huella hídrica total pueden ser especificados geográfica y temporalmente. (Hoeskstra, 2004)

1.2.2. Agua azul.

Agua superficial y subterráneo. Evapotranspiración del agua azul, es el campo de la evapotranspiración del agua de riego y es igual al mínimo de las necesidades de riego (ir, riego mm / día) o efectivo (Ieff, mm / día) (mm / período de tiempo) (Chapagain, 2008).

1.2.3. Agua verde.

La precipitación sobre la tierra que no se escapa o recarga aguas subterráneas, pero se almacena en el suelo o temporalmente se queda en la parte superior del suelo o la vegetación. Con el tiempo, esta parte de la precipitación se evapora o transpira a través de las plantas. El agua verde puede ser productiva para el crecimiento de los cultivos (aunque no todos agua verde puede ser absorbida por los cultivos, porque siempre habrá evaporación de la tierra y porque no todas las épocas del año o zonas son aptas para los cultivos decrecimiento). Ibid pág. 25

1.2.4. Agua gris.

Se define como el agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, o que proviene de desechos orgánicos generados por actividades humanas. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo debido a sus altas cargas contaminantes. Ibid. Pág. 27

1.2.5. Huella de agua azul.

El volumen de agua superficial y subterránea se consume como resultado de la producción de un bien o servicio. Consumo se refiere al volumen de agua dulce utilizada y luego se evapora o se incorporan a un producto. También se incluye agua extraída de aguas superficiales o subterráneas en una cuenca y regresó a otra cuenca hidrográfica o al mar. Es la cantidad de agua extraída de aguas subterráneas o superficiales que no vuelve a la zona de captación de que fue retirada. (Pradillo, 2014)

1.2.6. Huella de agua verde.

Volumen de agua de lluvia consumida durante la producción proceso. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de cultivos o de madera), donde se refiere al total de agua de lluvia evapotranspiración (de los campos y las plantaciones), más el agua incorporada en la cosecha o de madera. *Ibíd.* Pág. 7

1.2.7. Usuario (consumidor).

Toda persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza los servicios de agua para realizar sus actividades. (Comité Técnico Normalizador N° 3.1 “Agua Potable NB 512”, 2005).

1.2.8. Consumo de agua potable.

El consumo de agua es el volumen utilizado para cubrir las necesidades de los usuarios, se diferencia del concepto de demanda de agua debido a que la misma es el caudal de agua requerido en las tomas para consumo de un lugar, considerando los distintos usuarios más las pérdidas físicas del sistema. Este valor se puede o tener directamente de las mediciones en la toma domiciliaria (Huaquisto Cáceres, 2019)

1.3.MARCO TEÓRICO

1.3.1. Valores de Uso

Son aquellos que van ligados a la utilización directa o indirecta del recurso para la satisfacción de una necesidad, o la obtención de un beneficio económico. En el caso del agua, esta tiene un valor de uso directo para quienes satisfacen con ella muchas necesidades, algunas básicas; obteniendo de ella su sustento o una rentabilidad económica de la explotación de alguno de sus atributos y/o funciones; la contemplan en su estado natural o intervenido; investigan en ella o en sus ecosistemas asociados; realizan actividades recreativas etc. El agua tendrá un valor de uso indirecto, para todas aquellas personas o grupos sociales que se benefician, en el sentido anteriormente apuntado, de algún otro recurso ambiental cuya existencia y calidad depende de la existencia y calidad del agua. (Izko & Burneo, 2003)

1.3.2. Valores de no Uso

El valor que pueden tener el agua y sus atributos para un grupo de personas que no la utilizan directa ni indirectamente, ni piensan hacerlo en el futuro, pero que valoran positivamente el simple hecho de que exista, en unas determinadas condiciones, por ejemplo, los humedales de alto valor ecológico. Su degradación o desaparición, por tanto, supondría para ellos una pérdida de bienestar. Son diversos los motivos que se han señalado para explicar la relevancia de este valor. (Azqueta Oyarzun D., 1994).

1.3.3. Sustentabilidad y Sostenibilidad del agua

La administración sustentable del agua es una tarea ardua que requiere la intervención de la sociedad y del estado en sus distintas categorías de gobierno, con el fin de tomar decisiones bajo una visión (Ruiz de Galarreta, 2013).

Involucra entonces la incorporación de nuevos enfoques y formas de manejo y gestión, para lograrlo es necesario retomar la visión desde lo local y considerar nuevos conceptos y tecnologías vinculados a los estándares de consumo de la población (Agua org, 2016)

1.3.4. Huella Hídrica

De acuerdo al “Manual de Evaluación de la Huella Hídrica” (Wáter Footprint Netword,2011) del proyecto huella de Ciudades esta puede ser calculada desde diferentes enfoques así:

- Un producto
- Un proceso
- Un consumidor
- Un grupo de consumidores

Esta huella consiste principalmente en dos componentes, la HH operativa (directa) que es el volumen de agua consumida o contaminada debido a las operaciones propias y la HH de la cadena de suministro (indirecta) que es el volumen de agua dulce utilizada

para producir los bienes y servicios que forman parte de los insumos de producción (Hoeskstra, 2004)

1.3.5. Componentes básicos de la huella hídrica

Existen tres componentes básicos para el cálculo de la huella hídrica: Huella hídrica verde que es el volumen de agua de lluvia que no se convierte en escorrentía, por lo que se almacena en los estratos permeables superficiales y así satisface la demanda de la vegetación natural y vuelve a la atmosfera por procesos de evapotranspiración.

Huella Hídrica azul volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea, consumido para producción de bienes y servicios, cubriendo una demanda de agua no satisfecha a causa de un déficit en la disponibilidad de agua procedente de la lluvia (Sotelo et al., 2011).

Huella hídrica gris volumen de agua necesaria para que el cuerpo receptor reciba el vertido contaminante asociado a la cadena de producción y/o suministro sin que la calidad del agua supere los límites permitidos por la legislación vigente. Se calcula como el volumen de agua adicional teórica necesaria en el cuerpo receptor, por lo que no se refiere a generar un nuevo consumo, sino a reducir el volumen de contaminante (Green Wise, 2016).

1.3.6. Tipos de huella hídrica

Huella hídrica de un producto: La huella hídrica de un producto es el volumen de agua dulce utilizada para producir el bien o servicio, medida en el lugar donde se produjo el bien. Se refiere a la suma del agua utilizada en las distintas etapas de la cadena de producción. También se conoce como contenido virtual de agua.

Huella hídrica de una comunidad: La huella hídrica de una comunidad se define como el volumen de agua utilizado para la producción de los bienes y servicios que consumen los miembros de dicha comunidad.

Huella hídrica de una nación: La huella hídrica de una nación es un indicador de los efectos del consumo nacional de agua, considerando los recursos internos y externos. La ratio de consumo interno/externo de agua es relevante ya que externalizar la huella

hídrica implica incrementar la dependencia en recursos hídricos extranjeros. También resulta en externalizar los impactos ambientales que el consumo/uso de agua conlleva (Arabí, 2012).

1.3.7. Huella hídrica-Sector Público

En el sector público se incluyen los resultados del estudio realizado en la primera fase del proyecto (nivel gobierno municipal). A estos se complementa con la evaluación de la HH Verde (en caso de que no haya sido cuantificada a nivel de gobierno municipal) y se complementa el estudio con unidades que no fueron incluidas en la primera parte de la evaluación (por ejemplo, empresas municipales o tercerizadas que brindan servicios a la ciudadanía y pueden entenderse como si no correspondieran al nivel de gobierno municipal). No se consideran las actividades públicas de otros sectores públicos, como el gobierno central, etc. Sin embargo, sería deseable incluir a otros actores del sector público en la evaluación, en función de la disponibilidad de datos, para robustecer la representatividad de la muestra y de los resultados. (FFLA, 2015).

1.3.8. Huella hídrica-Sector Residencial

El sector residencial, se refiere al sector doméstico de la ciudad. Dentro de los límites de la ciudad evaluada, se puede identificar la subdivisión de este en distritos, macro-districtos, zonas, parroquias, barrios, etc. Esta división puede servir para realizar la evaluación de Huellas a un nivel más específico y, si los datos están disponibles, mejorar la resolución de la información. Este sector es evaluado desde el enfoque de grupo de consumidores, y se evalúa la HH Azul, Gris e Indirecta. La HH Indirecta es evaluada en base al consumo de productos agrícolas de la canasta familiar (FFLA, 2015).

1.3.9. Huella hídrica-Sector Industrial

Los datos para la evaluación del sector industrial, son datos de cada una de las industrias evaluadas; es decir que, siguiendo con el ejemplo, para determinar la HH del Sub sector Papelera, se deben tomar en cuenta los datos de volumen de agua facturada, volumen del efluente, concentración de parámetros en el efluente, porcentaje agua evaporada, etc., de las dos industrias papeleras evaluadas. (FFLA, 2015)

1.3.10. Huella hídrica-Sector Comercial

El enfoque de evaluación del sector comercial es el de consumidor, por lo tanto, se requiere la cantidad de personas que trabajan en cada sub sector. Los subsectores y la cantidad de personas ocupadas, son por lo general determinados y cuantificados por el instituto de estadística de cada ciudad (FFLA, 2015).

1.3.11. Huella hídrica-Sector Agrícola

El cálculo de la Huella Hídrica por producto y área geográfica delimitada se debe realizar a partir de información generada de tres grandes bloques información de producción, información geográfica e información agroclimática, en este sector se incluyen todos los niveles de producción agrícola.

1.3.12. Costo-beneficio

Para el sector público lo que es un estado de pérdida y ganancia. Por una parte, calcularía los costos de producción y distribución: mano de obra, materia prima, energía, equipo para el control de emisiones, transporte etc. Por otra parte, calcularía los ingresos mediante el análisis del mercado. Un análisis costo- beneficio implica medir, adicionar y comparar todos los beneficios y todos los costos de un proyecto o programa publico particular. Existen esencialmente cuatro pasos en un análisis costo beneficio. I. Especificar en forma clara el proyecto o programa. II. Describir en forma cuantitativa las entradas (insumos) y salidas (resultados) del programa. III. Calcular los costos y beneficios sociales de estas entradas y salidas. IV. Compara estos beneficios y costos. (Azqueta & Oyarzun , 1994).

1.3.13. Dotación futura de agua

La dotación media diaria puede incrementarse de acuerdo a los factores que afectan el consumo y se justifica por el mayor hábito en el uso de agua y por la disponibilidad de la misma. Por lo que, se debe considerar en el proyecto una dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño.

La dotación futura se debe estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria, aplicando la fórmula del método geométrico.

1.3.14. Escasez del agua

La escasez de agua como un desequilibrio entre el suministro y la demanda bajo las condiciones existentes de precios y/o disposiciones institucionales; una demanda excesiva para el suministro disponible; un alto nivel de uso respecto al suministro disponible, especialmente si el potencial de suministro que queda es difícil o muy costoso de aprovechar.

Las causas de escasez de agua están siempre relacionadas con la interferencia humana en el ciclo del agua. La escasez de agua es fundamentalmente dinámica y varía con el tiempo como resultado de la variabilidad hidrológica natural, pero cambia aún más en función de los modelos de política económica, planificación y gestión del momento y de la capacidad de las sociedades para anticipar cambios en los niveles de suministro o demanda. (FAO, 2013)

La escasez física sucede cuando no hay agua suficiente para cubrir todas las demandas, incluyendo los caudales ecológicos. Los síntomas de la escasez física son degradación severa del medio ambiente, reducción del nivel de aguas subterráneas y distribución del agua que favorece a unos grupos frente a otros (FAO, 2013)

La escasez económica de agua es una situación resultante de la falta de inversión en agua, o la falta de capacidad humana para satisfacer la demanda. Los síntomas de la escasez económica de agua son, entre otros, escaso desarrollo de infraestructuras, a pequeña o a gran escala, de modo que las personas tienen dificultades para obtener el

agua suficiente para beber o para la agricultura. También la distribución del agua puede ser desigual, incluso cuando hay infraestructuras suficientes (FAO, 2013)

1.3.15. Razones para calcular la huella hídrica

El principal motivo para su cálculo es que se ha identificado que en muchos países y áreas geográficas se ha superado con creces la propia capacidad de aporte hídrico. Es decir, que se han detectado déficits a nivel de sostenibilidad en materia de la gestión del agua (balance hídrico).

Los datos calculados hasta el momento sobre huella hídrica indican que está distribuida de manera desigual a lo largo del planeta, al igual que los recursos hídricos. Los países desarrollados suelen tener una huella hídrica mayor que los países en vías de desarrollo. El motivo es que en los primeros es mayor el consumo de productos altamente demandantes de agua en sus procesos de producción que en los segundos (Velázquez, 2008).

Es evidente que el cálculo de la huella hídrica aporta información para conocer en qué puntos de nuestra producción podemos reducir el consumo de agua, de forma que apliquemos los principios del desarrollo sostenible. Adicionalmente, a través de este cálculo se puede llegar a relacionar el consumo diario de agua y los problemas de contaminación y distribución de agua en lugares donde se producen los bienes y, por tanto, cuantificar los efectos del consumo y comercio en el uso de los recursos hídricos (Velázquez, 2008).

1.3.16. Medidas para reducir la huella hídrica

Entre las posibilidades para reducir la huella hídrica se encuentran las siguientes prácticas:

- Cambiar el modelo de consumo sustituyendo los productos con elevada huella hídrica por otros cuya huella hídrica sea menor.
- Seleccionar el producto con menor huella hídrica o que la huella del producto se dé en un área geográfica donde no haya escasez de agua.

- El reciclaje y la reutilización del agua puede ser una herramienta para la reducción de la huella hídrica gris de los usos del agua (Pengue, 2004).

1.4.MARCO LEGAL

1.4.1. Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia

Artículo 298. Numeral II.5. El régimen general de recursos hídricos y sus servicios es competencia exclusiva del nivel central del Estado.

Artículo 342. Es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

Artículo 375

I. Es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas.

II. El Estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades.

III. Es deber del Estado realizar los estudios para la identificación de aguas fósiles y su consiguiente protección, manejo y aprovechamiento sustentable.

Artículo 374.

I. El Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes. La ley establecerá las condiciones y limitaciones de todos los usos.

Artículo 377.

I. Todo tratado internacional que suscriba el Estado sobre los recursos hídricos garantizará la soberanía del país y priorizará el interés del Estado.

1.4.2. Ley del Medio Ambiente. Ley N° 1333

ARTÍCULO 1°. La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con

relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

ARTÍCULO 2°. Para los fines de la presente Ley, se entiende por desarrollo sostenible el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

ARTÍCULO 3°. El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.

CAPÍTULO II

De la clasificación de cuerpos de aguas

Artículo 4° La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en el Cuadro N° 1 - Anexo A del presente reglamento, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por el MDSMA. Para ello, las instancias ambientales dependientes del prefecto deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de dicha clasificación. Esta documentación contendrá como mínimo: Análisis de aguas del curso receptor a ser clasificado, que incluya al menos los parámetros básicos, fotografías que documenten el uso actual del cuerpo receptor, investigación de las condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas, condiciones biológicas, estudio de las fuentes contaminantes actuales y la probable evolución en el futuro en cuanto a la cantidad y calidad de las descargas.

Esta clasificación general de cuerpos de agua; en relación con su aptitud de uso, obedece a los siguientes lineamientos:

CLASE “A” Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

CLASE “B” Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE “C” Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE “D” Aguas de calidad mínima, que, para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

En caso de que la clasificación de un cuerpo de agua afecte la viabilidad económica de un establecimiento, el Representante Legal de éste podrá apelar dicha clasificación ante la autoridad ambiental competente, previa presentación del respectivo análisis costo - beneficio.

Artículo 6º Se considera como parámetros básicos, los siguientes: DBO₅; DQO; Colifecales NMP; Oxígeno Disuelto; Arsénico Total; Cadmio; Cianuros; Cromo Hexavalente; Fosfato Total; Mercurio; Plomo; Aldrín; Clordano; Dieldrín; DDT; Endrín; Malatión; Paratión.

Capítulo II

De los servicios municipales y cooperativas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado

Artículo 14º Los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado que existen actualmente como servicios municipales o cooperativas, o los que se crearán en el futuro, y las administraciones de parques industriales de jurisdicción municipal:

a) Elaborarán procedimientos técnicos y administrativos dentro del primer año de vigencia del presente Reglamento, para establecer convenios con las industrias, instituciones y empresas de servicio que descarguen sus aguas residuales crudas y/o tratadas en los colectores sanitarios de su propiedad o que estén bajo su control;

b) Por convenios técnicos y administrativos, los servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado asumen la responsabilidad del tratamiento de las aguas residuales bajo las condiciones que consideren necesarias, tomando en cuenta el tipo de su planta de tratamiento y las características del cuerpo receptor donde se descarga.

c) Los acuerdos incluirán, sin perjuicio de la legislación sobre agua potable y alcantarillado y este es el reglamento con los siguientes aspectos:

- Identificación de los puntos de descarga de efluentes, volúmenes, composición, concentración y frecuencia.
- Pre-tratamiento a aplicar antes de la descarga.
- Estructura de tarifas y costos a pagar por el usuario.
- El sistema de monitoreo, incluyendo registros, medidores e inspecciones.

Artículo 15° Los procedimientos técnico-administrativos referidos en el anterior artículo deberán definir los métodos de cálculo de las tasas y tarifas por descargas de aguas residuales de las industrias e instituciones, tomando en cuenta lo establecido en el Reglamento Nacional de Prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado para Centros Urbanos.

1.4.3. Ley de los derechos de la Madre Tierra 071 de 21 de diciembre del 2010. Derechos de la Madre Tierra.

Artículo 7.- 3. Al Agua: Es el derecho a la preservación de la funcionalidad de los ciclos del agua, de su existencia en la cantidad y calidad necesaria para el sostenimiento de los sistemas de vida, y su protección frente a la contaminación para la reproducción de la vida de la Madre Tierra y todos sus componentes.

1.4.4. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

CAPÍTULO I

DEL OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

ARTÍCULO 1°.

La presente disposición legal reglamenta la Ley del Medio Ambiente N° 1333 del 27 de abril de 1992 en lo referente a la prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco del desarrollo sostenible.

ARTÍCULO 2°.

El presente reglamento se aplicará a toda persona natural o colectiva, pública o privada, cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domésticas, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico.

1.4.5. GUÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL

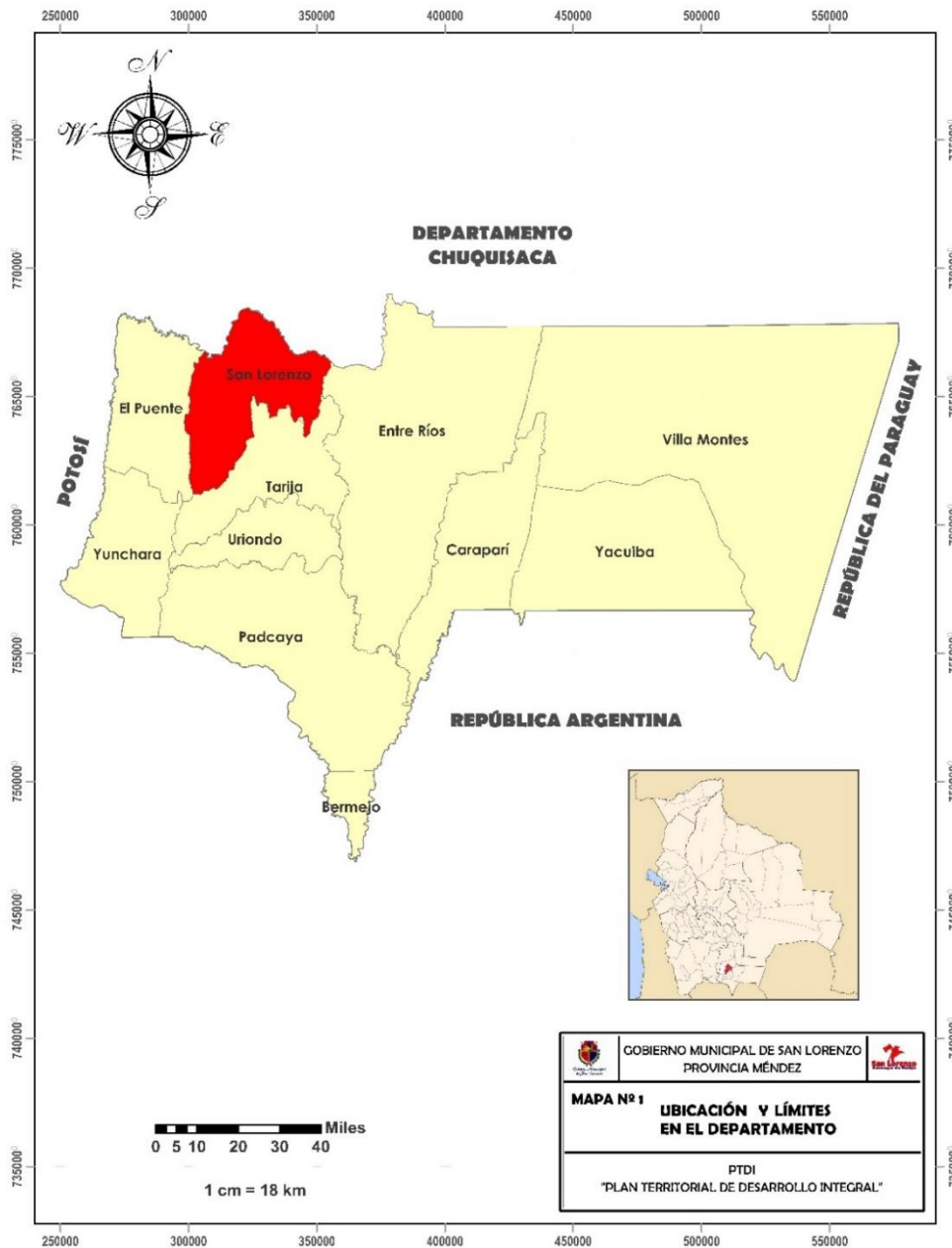
Se toman muestras para hacer el análisis de la calidad del agua, con el objetivo que se tenga conocimiento del funcionamiento y la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). (Tina Reutelshofer, Luis F. Guzman Bejarano, 2015)

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.2. Ubicación Geográfica

Imagen N°1 Ubicación Geográfica



Fuente: Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI)

San Lorenzo se encuentra localizada en la parte Norte del departamento de Tarija, con una orientación Noroeste, en proximidad de la serranía de la cordillera de Sama y se prolonga hasta Tomatitas; geográficamente, el municipio, se encuentra entre los: 20° 55' 52" Latitud Sud – 64° 42' 09" Longitud Oeste, con referencia al norte y 21° 34' 44" Latitud Sud – 64° 52' 53" Longitud Oeste en su extremo sud.

El Municipio de San Lorenzo, de la Provincia Méndez en el Departamento de Tarija, comprende tanto el área urbana de San Lorenzo capital, con sus 4 barrios y el área dispersa, con 82 comunidades rurales que se encuentran distribuidas en dos zonas; las de la zona baja, que se encuentran ubicados dentro del Valle Central de Tarija, con altitudes que varían desde los 1092 msnm en la parte más baja; por otra, la zona alta, que comprende comunidades como Quebrada de Cajas, Pampa Grande, León Cancha, con altitudes de 2.100 msnm y pasando a elevaciones más altas de 4.300 msnm, en las montañas de la reserva biológica de Sama.

La zona baja emplazada en la margen izquierda de forma paralela al Guadalquivir y delimitada por los ríos Pajchani al norte y Calama al sur, se encuentra a 17 km al norte de la capital del departamento, a la que se conecta mediante la ruta fundamental denominada Panamericana sobre la cual se han desplegado centros poblados como las comunidades de Tomatitas, Rancho Norte y Rancho Sur que día a día vienen incorporando en su actividad económica las prestación de servicios ligados a la recreación de fin de semana. Estos asentamientos están propiciando la consolidación de una conurbación entre la ciudad capital y la ciudad de San Lorenzo.

La estructura urbana que ha adquirido San Lorenzo en la actualidad, es de una población lineal estructurada en torno a dos vías, a lo largo de estos caminos vecinales se han ido consolidando las edificaciones, cada vez con mayor grado de densidad, esta configuración que se viene reproduciendo ha originado la conurbación entre comunidades pequeñas, tal el caso de San Lorenzo - Tarija Cancha Sur y en proceso de conurbación San Lorenzo – Tarija Cancha Norte.

Dado que sus características rurales no permiten fraccionar sus áreas aptas para el cultivo, la estructura urbana seguirá traducándose una población a la vera de los caminos.

La delimitación del área urbana de San Lorenzo, a pedido de las comunidades de Tarija Cancha Sud, Tarija Cancha Norte, San Pedro y Bordo el Mollar queda establecida mediante Ordenanza Municipal N° 25/2002 del 22 de mayo de 2002, la misma que instaura el límite de crecimiento de la ciudad al interior de un perímetro demarcado mediante la referencia de elementos naturales como ríos y referencias de viviendas particulares, dicha descripción se halla traducida en el siguiente plano, del cual se deduce la extensión de este perímetro urbano, el mismo que alcanza las 168 hectáreas.

2..3. Límites Territoriales

Los límites físicos naturales son la base para la definición de unidades político administrativo, como la Cordillera de Sama que es el límite natural con el municipio de El Puente por el oeste, al norte con el departamento de Chuquisaca contando como el límite natural del río Pilaya. Al sur con la Provincia Cercado y al este con la provincia O'Connor, municipio de Entre Ríos.

El Municipio de San Lorenzo limita al norte con la provincia Sud Cinti (Departamento de Chuquisaca), al sur con la sección municipal de Cercado, al este con las secciones municipales de O'Connor y Cercado y al oeste con la segunda sección municipal de la provincia Méndez Municipio El Puente.

Cuadro N° 1 LÍMITES TERRITORIALES DEL MUNICIPIO

Norte	Sur	Este	Oeste
Provincia Sud Cinti (Dpto. Chuquisaca)	Provincia Cercado (Municipio Cercado)	Provincia O'Connor (Municipio Entre Ríos)	2da. Sección Méndez (El Puente)

Elaboración: Asociación de Municipios del Departamento de Tarija

2.4. Extensión Territorial

El Municipio de San Lorenzo está constituido como la primera Sección de la Provincia Méndez, su superficie comprende aproximadamente 2.116 km (23.639 ha), la delimitación territorial se basó en datos cartográficos proporcionados por el Instituto Geográfico Militar. (Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016-2020)

2.5. ASPECTOS FÍSICO NATURALES

2.5.1. Suelos

Entendiendo que el uso de suelo corresponde a cualquiera de las diferentes modalidades de aprovechamiento de la tierra en función a su APTITUD, POTENCIALIDADES Y LIMITANTES la propuesta del PLAN DE USO DE SUELO (PLUS) del Municipio de San Lorenzo explica de manera sintética la caracterización del recurso a fin normar el aprovechamiento, conservación y/o recuperación de este importante recurso natural.

2.5.2. Clasificación de Suelos

El “Estudio Semi detallado de Suelos del Valles Central de Tarija” (1978), alguna de las características, de las series estudiadas que corresponden a la cuenca, se presenta la clasificación de suelos a secano, de acuerdo a su capacidad de uso.

Se ha realizado la división del uso actual de suelos en cuatro unidades fisiográficas: Serranía, Pie de Monte, Llanura y Lomerío.

Dentro de cada una de ellas se tiene suelos con cultivos a riego, a secano y perennes, esto dada las características topográficas de todo el municipio, al mismo tiempo podemos mencionar que en la Llanura predomina las superficies a secano, seguidas por los cultivos a riego y muy poco de cultivos perennes. (Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016-2020)

2.5.2. Fisiografía

Dentro del análisis fisiográfico dentro del Municipio de San Lorenzo y tomando en cuenta la desagregación de provincia fisiográfica, grandes paisajes, paisajes y sub paisajes, se encuentra:

2.6. Cordillera Oriental

Forma un arco desde el límite con Perú hasta la frontera con Argentina, presentando en territorio tarijeño características propias de relieve, como montañas, serranías, cuevas, colinas, piedemontes, terrazas aluviales y llanuras.

Esta provincia fisiográfica cubre el 100%, del territorio donde se ubican el Municipio de San Lorenzo se caracteriza por su aspecto masivo, fuertemente disectada con rumbo predominantemente norte-sur que da origen a profundos valles estrechos.

- 2.6.1. **Montañas:** se caracterizan por presentar fisonomía de aspecto masivo, cimas variables, divisorias de agua poco discernibles y con grado de disección de ligero, moderado y fuerte.
- 2.6.2. **Serranías:** Las serranías a nivel de paisaje son altas, medias y bajas, ocupan 1.080 Km², representa el 34 % por ciento del área territorial de estudio, de formas elongadas con cimas subredondeadas, irregulares, cuyas divisorias de aguas son perfectamente discernibles.
- 2.6.3. **Colinas:** Las colinas presentan a nivel de paisaje de altas, medias y bajas, abarcan un área de 523,9 Km², con un porcentaje de ocupación del por ciento, presentando normalmente, cimas subredondeadas a redondeadas, con divisorias de aguas poco discernibles.
- 2.6.4. **Piedemontes:** Los piedemontes tienen ligera, moderada hasta fuerte a muy fuertemente disectación, ocupa un área de 5 Km², que es el 2 % por ciento del área total de estudio. Este gran paisaje presenta inclusiones de llanuras de piedemonte.
- 2.6.5. **Valles:** con un área de 146 Km², que representa el 8% del área total de estudio, cuyo relieve presenta una pendiente ondulada menor al 8% de disección ligera,

conformada principalmente por material clástico no consolidado, como gravas, arenas y arcillas de diversa dimensión, como también materiales de origen coluvial y aluvial, ya que por medio de este relieve está el río Trancas y Tomatas Grande, con suelos en proceso de formación moderadamente profundo o con iluviación de arcilla, generalmente con pocos fragmentos gruesos en el perfil y poca pedregosidad superficial, bien drenados, la disponibilidad de nutrientes generalmente media a baja. (Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016-2020)

2.7. Hidrografía

Hidrográficamente el municipio de San Lorenzo sus aguas pertenecen a la cuenca del Río de La Plata, mediante los ríos Pilcomayo y Bermejo, los cuales reciben las aguas de numerosos ríos entre los que se tiene al Pilaya y Guadalquivir, que forman dos cuencas a saber:

- La primera cuenca hidrográfica del Pilaya o Camblaya que tiene una dirección Oeste - Este, cuenta entre sus afluentes más importantes a los ríos: Huacata, Yumaza, Palacios, Mandor, Huturunquillo, Melón Pujio, Camaroncito, Padilla, Astillero, San Pedro, El temporal, Nogal, El Pajonal y el Pescado, aunque también existen otros ríos menores y quebradas.
- La segunda cuenca hidrográfica es la del río Guadalquivir, con dirección Norte Sur, una extensión de 105.910 has., cuyas coordenadas geográficas extremas son: paralelos de 21° 15' y 21° 35' Latitud Sur y meridianos 64° 35' y 64° 56' de Longitud Oeste. La cuenca es tributaria del río Bermejo, afluente del río Paraguay y perteneciente a la cuenca del Río de La Plata. Por el norte limita con las cuencas de afluentes al río Pilaya, al sur con la cuenca del río Tolomosa, al este con la cuenca del río Santa Ana y al oeste con la cuenca de río Tomayapo.

La parte más baja tiene una altura de 1.800 msnm y la parte más alta, ubicada en la Cordillera de Sama, tiene 4.344 msnm.

El curso principal del río Guadalquivir, nace con el nombre de río Chamata, tiene una longitud de 60 km. La red de drenaje es típicamente dendrítica y sus afluentes más

importantes por el lado derecho son los ríos: Calama, Erquis, Victoria y por el lado izquierdo, Corana, Carachimayo, y Sella.

El área de la Cuenca pertenece a la jurisdicción de la Provincia de Cercado (18.322,6 ha) en menor proporción y en mayor proporción a la Provincia de Méndez (87.588,2 ha) del Departamento de Tarija.

La Cuenca del Guadalquivir está circunscrita por dos serranías, la del occidente y oriente. La primera representada por la Cordillera de Sama, cuya mayor altitud es el Cerro Morro Negro, con 4.344 msnm, se encuentra al extremo sur del área de estudio, descendiendo suavemente las altitudes hasta los 3.800 msnm hacia el norte.

La serranía oriental está formada por los montes de Gamoneda, con altitud en la parte sur de 2.800 msnm y en la parte norte de 3.420 msnm. (Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016-2020)

2.8. Clima

Se puede señalar que en el Municipio San Lorenzo existen cinco estaciones meteorológicas, consistente en dos estaciones climáticas, una pluviométricas y tres con variables (temperatura y precipitación). Dependientes del servicio Departamental de Meteorología

2.8.1. Clima cálido desértico

Esta unidad climática se ubica en la parte norte del municipio (límite con el departamento de Chuquisaca), esta se caracteriza por tener temperaturas relativamente altas, se encuentra con rangos de altitud 1200 a 1400 msnm, alcanzando un índice de Lang de 15, lo que le da un clima Cálido desértico.

2.8.2. Clima cálido semiárido

Tipo de clima que se ubica entre rangos altitudinales de 1000 a 1300 msnm, y temperaturas de 16 ° C como promedio, cuyo índice de Lang es de 56, y calificando como cálido semiárido, esta unidad climática se encuentra al oeste del municipio.

2.8.3. Clima frío árido

Unidad climática ubicada entre las alturas de 2000 a 3000 msnm, cuyas temperaturas varían de 14 ° a 16° C, además alcanza un índice de Lang dentro el rango de 36, cuyo tipo climático se gran parte del territorio del municipio

2.8.4. Clima frío semiárido

Este tipo climático, al igual que el caso anterior, está entre las mismas alturas y temperaturas, pero solo diferenciándose por el índice de Lang, cuyo rango se ubica dentro los 37, este resultado se muestra debido a que la precipitación en esta zona se incrementa, por tanto, califica como frío semiárido.

2.8.5. Clima frío semiárido húmedo

La región con este clima al igual que el caso anterior pertenece a la misma altura y temperatura, solo su índice varía de 36, por el incremento del rango de precipitación, que califica como frío semihúmedo y se encuentra en la parte sur de San Lorenzo

2.8.6. Clima paramo bajo semiárido

También se tiene un clima frío por las alturas de 3000 a 4100 msnm, cuyas temperaturas oscilan de 12° a 17, 5° C, e índice de Lang de 121, que como Paramo bajo semi árido, ubicándose en la región oeste del municipio.

2.8.7. Clima templado semiárido

Clima con altura 2000 msnm y temperatura, 14, una característica esta unidad es donde se realiza la mayor actividad agrícola y para calificar como Templado semi árido. (Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016-2020)

2.9. MATERIALES

Los materiales utilizados para la georreferenciación de los puntos de muestreo, toma de muestras y las encuestas fueron los siguientes:

2.9.1. Georreferenciación de los Puntos de Muestreo

- GPS (Global Positioning System)
- Tablero
- Cámara fotográfica digital
- Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafos, lápices, tajador, etc.)

2.9.2. Materiales de Toma de Muestras

- Envase de 2 ℓ (botellas PET)
- Guantes quirúrgicos
- Conservadora
- Cinta adhesiva
- Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafos, lápices, tajador, etc.)
- Barbijo
- EPP (Equipo de Protección Personal)
- Hielo
- Etiquetas
- Cámara fotográfica digital

2.9.3. Materiales de campo

- Libreta de campo
- Tablero
- EPP (Equipo de Protección Personal)
- Encuestas
- Barbijo
- Credencial

2.9.4. Material de Gabinete

- Material de escritorio (libreta de campo, bolígrafos, lápices, tajador, etc.)
- Computadora
- Impresora
- USB
- Calculadora científica

2.10. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en base a los enfoques de las siguientes metodologías: Este documento es de carácter descriptivo, cuantitativo y analítico.

2.10.1. Método Descriptivo

Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Sampieri R, 2014)

Porque nos permitirá describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos y a detallar como son y cómo se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. Estudios descriptivos Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. (Hernández S., 2014).

Esta metodología se utilizó para realizar la descripción de las tomas de agua haciendo un recorrido previo, donde se observó las características físicas de ambas y posteriormente una descripción del sistema organizacional de agua potable.

2.10.2. Método Cuantitativo

Enfoque cuantitativo que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Sampieri R, 2014)

La metodología cuantitativa recoge información empírica (de cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir) y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado. (Behar D, 2008)

Con este enfoque metodológico se realizó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio; de las muestras que fueron tomadas a la salida de las Aguas Residuales Urbanas ARU, al intermedio y finalmente a la salida del efluente al río.

2.10.3. Método Analítico

El Método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. (Ruiz, 2007)

Este método fue utilizado para el análisis de los datos obtenidos en los laboratorios a través de los diferentes muestreos que se realizaron en las Aguas Residuales Urbanas.

2.11. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

2.11.1. Técnica de la Encuesta

Mediante esta técnica de investigación se busca recolectar información testimonial sobre la situación real del consumo de agua, a través de un cuestionario, confrontando la teoría en busca de la verdad, debiendo permitir aproximarse a los hechos reales.

La técnica de encuesta es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz. (JC. Anguita 2003)

Se puede definir la encuesta como «una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características». (JC. Anguita 2003)

2.11.2. Tipos de preguntas

En el cuestionario se pueden encontrar distintos tipos de preguntas según la contestación que admitan del encuestado, de la naturaleza del contenido y de su función.

Según la contestación que admitan del encuestado:

- Cerradas
- De elección múltiple
- Abiertas (JC. Anguita 2003)

Las encuestas recogen información de una porción de la población de interés, dependiendo el tamaño de la muestra en el propósito del estudio. La información es recogida usando procedimientos estandarizados de manera que a cada individuo se le hacen las mismas preguntas en más o menos la misma manera. La intención de la encuesta no es describir los individuos particulares quienes, por azar, son parte de la muestra, sino obtener un perfil compuesto de la población. (BEHAR R. D, 2008)

2.11.3. Observación Directa

Consiste en observar directamente el comportamiento de la población del municipio durante la realización de sus actividades. Lo que se tiene que tomar en cuenta en una observación es:

- Debe ser intencional, es decir, debemos tener la intención de evaluar cuando observamos, analizando cada acción y cada reacción de la población de estudio.
- Debe tener un objetivo concreto, para que seamos conscientes de qué es lo que estamos buscando en la observación.
- Debe tener una recogida de datos estructurada, en base al objetivo perseguido.
- La observación directa nos permite evaluar diferentes aspectos que tiene la población del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

2.12. INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se usó para poder llevar adelante la presente investigación son:

- Consulta de bibliografía y documentación (internet, informes, etc.)
- Trabajo de Campo (visitas, encuestas, etc.)

2.12.1. Consulta de bibliografía y documentación (internet, informes, etc.)

Para el presente trabajo de investigación se tomó en cuenta varias herramientas sencillas de utilizar, como el uso del internet, informes, documentos PDF, libros y tesis. También se tomó en cuenta información necesaria de diferentes entidades como ser, el Comité de Agua San Lorenzo, EPSA Mancomunaría Social Moto Méndez que fue una de las entidades más fundamentales para este trabajo.

2.12.2. Trabajo de campo (visitas, encuestas, etc.)

En la investigación de campo es un término general que incluye un sinnfín de actividades que realizan al trabajo de campo cuando recopilan datos: participan, observan, se entrevista a la población y se recolecta datos con relación al estudio de caso.

Se realizó las encuestas a las viviendas de los distintos barrios del área urbana de San Lorenzo Provincia Méndez, así también la toma de muestras, se trabajó con programas software ArcGIS, para la estimación de la HH verde. Todo esto fue indispensable para obtención de nuevos datos.

2.13. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

El trabajo de investigación se realizó bajo las siguientes fases: fase de gabinete, fase de campo, fase de post campo.

2.13.1. Fase de Gabinete

Recopilación de Información primaria y secundaria

Se recopiló información directa obtenidas en base a encuestas con observación, toma de muestras, entrevistas para verificar de qué manera se aprovecha el agua que se les dota en la población. Y la información secundaria se obtuvo a través de libros, investigaciones relacionadas al tema en estudio, por medio de esta información se pudo conocer las características que se da en el municipio de San Lorenzo Provincia Méndez, en relación a los datos de consumo que se presentan en los diferentes barrios.

Elaboración de Encuestas:

A través de esta técnica se pudo recabar información directa obteniendo datos cuantitativos, sobre el consumo de los sectores comerciales, industrial, público y nos permitió obtener información primaria sobre datos del consumo de agua que observan en sus actividades diarias, así permitió conocer la situación actual del área urbana del Municipio de San Lorenzo Provincia Méndez. (Anexo N°1)

➤ Población

La población se tomó en base a los datos del PTDI (Plan Territorial de Desarrollo Integral) del Municipio de San Lorenzo, de acuerdo al Censo de 2012, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), se tiene una cantidad de 5431 hab que viven en el área urbana y un total de 1709 viviendas.

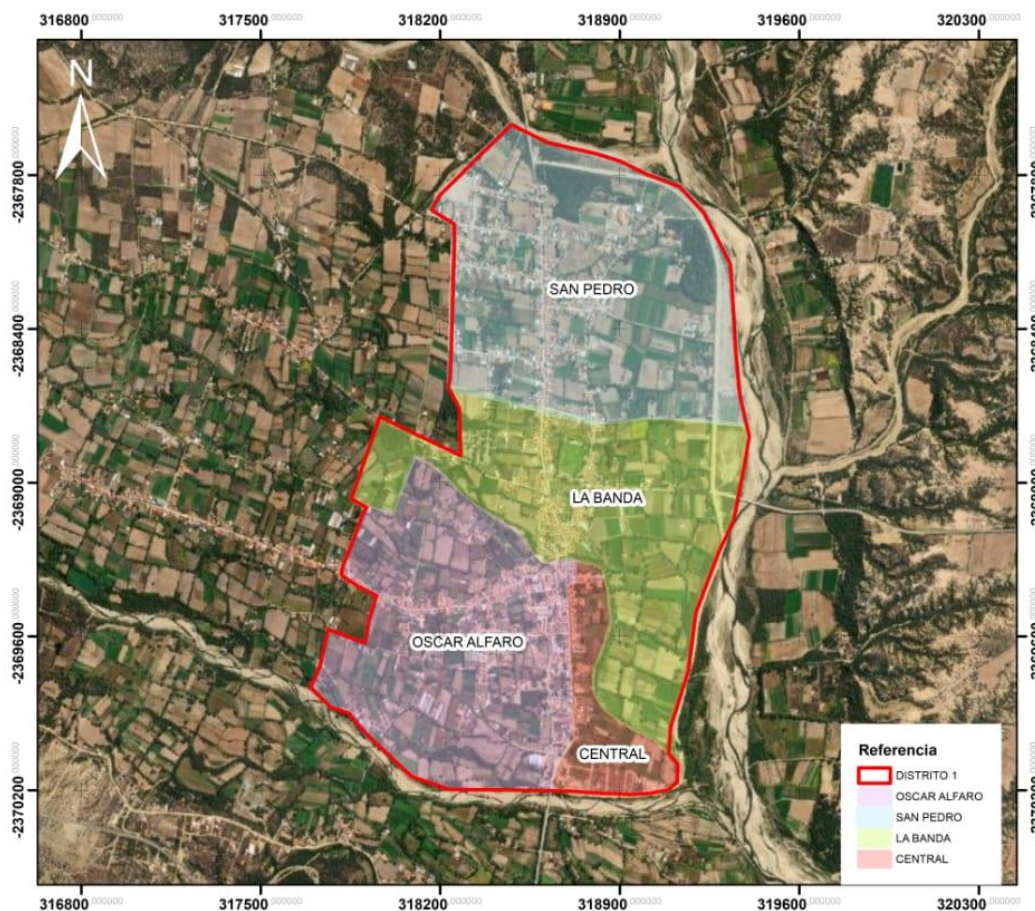
**Cuadro N° 2 ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO
PROVINCIA MÉNDEZ**

ZONAS	POBLACIÓN	VIVIENDAS	FAMILIAS
Loma de Tomatitas	450	119	96
Rincón de la Victoria	216	90	46
La Victoria	899	283	192
Erquiz Sud	465	164	99
Barrio Central	3401	1053	725
Barrio la banda			
Barrio Oscar Alfaro			
San Pedro			

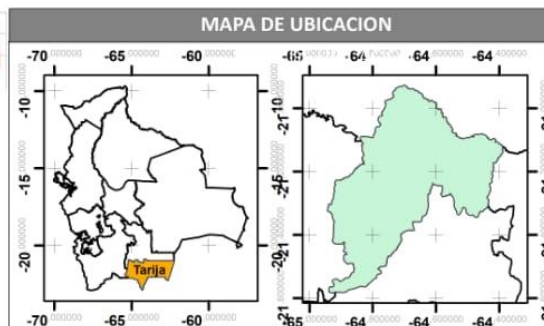
Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 2 ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO DISTRITO I

MAPA DE LA MANCHA URBANA DISTRITO I MUNICIPIO DE SAN LORENZO

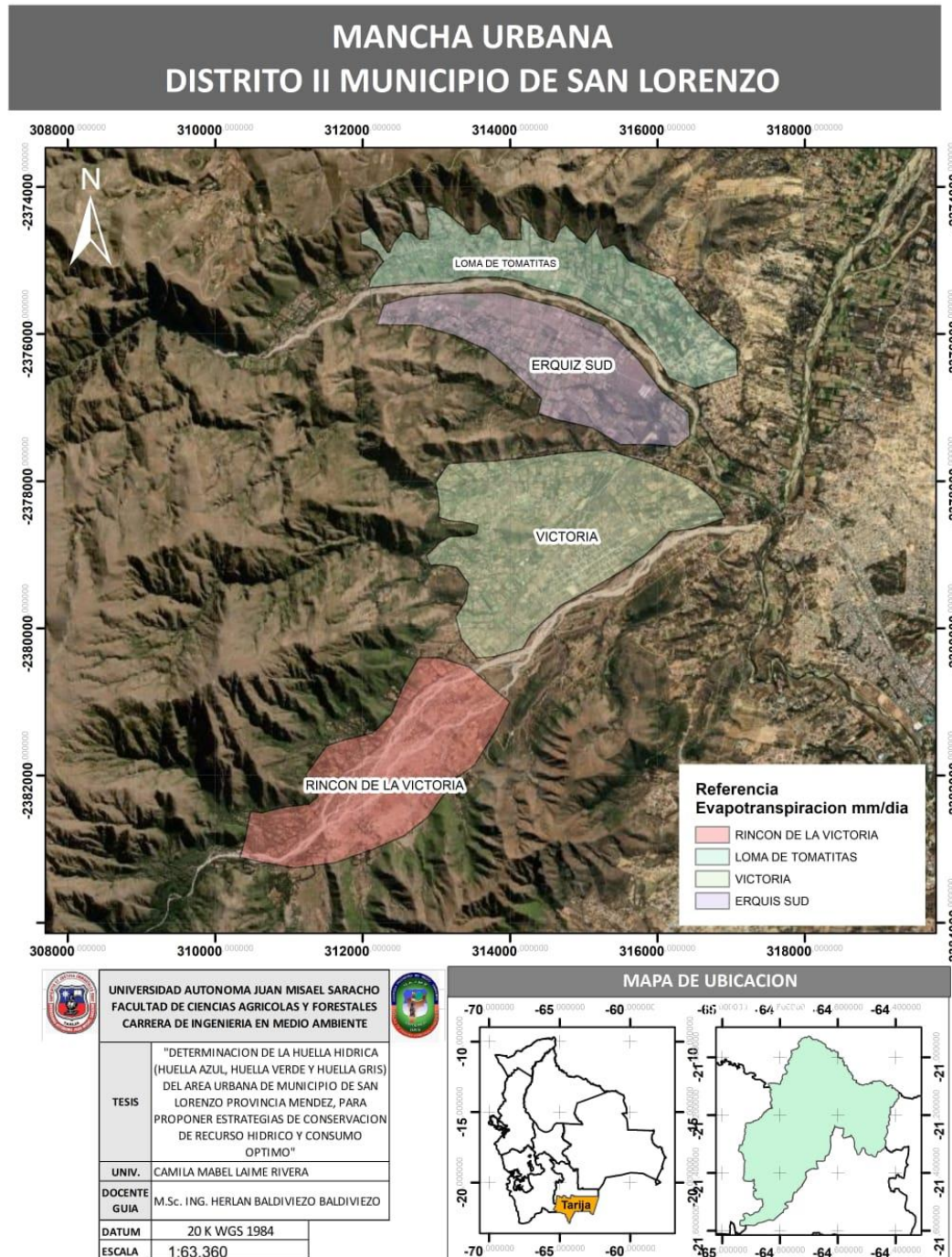


	UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE	
TESIS	"DETERMINACION DE LA HUELLA HIDRICA (HUELLA AZUL, HUELLA VERDE Y HUELLA GRIS) DEL AREA URBANA DE MUNICIPIO DE SAN LORENZO PROVINCIA MENDEZ, PARA PROPONER ESTRATEGIAS DE CONSERVACION DE RECURSO HIDRICO Y CONSUMO OPTIMO"	
UNIV.	CAMILA MABEL LAIME RIVERA	
DOCENTE	M.Sc. ING. HERLAN BALDIVIEZO BALDIVIEZO	
GUIA		
DATUM	20 K WGS 1984	
ESCALA	1:64.889	



Fuente: Elaboración propia

Imagen N°3 ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO DISTRITO II



Fuente: Elaboración propia

➤ **Proyección de la Población**

El Índice de Tasa de Crecimiento Intercensal 2001-2012 (%) para la población de San Lorenzo es de 1.0%. (Instituto Nacional de Estadística, 2013)

Fórmula geométrica

$$Pf = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

Donde:

Pf = Población futura (hab).

P_o = Población inicial

i = Índice de crecimiento poblacional (%)

t = Número de años

$$Pf = 5431 \left(1 + \frac{1.0}{100} \right)^{10}$$

$$Pf = 5999$$

La población estimada en 10 años en Área Urbana del Municipio de San Lorenzo será 5999.

➤ **Determinación del tamaño de la Muestra**

Se recopiló información primaria, sobre el consumo de agua aplicando la encuesta a un cierto número de usuarios, siendo esto una muestra representativa de la población y de esta manera conocer como actores principales, aprovechan el agua, y cuál es su perspectiva a futuro con el agua que se les dota.

➤ **Fórmula para el tamaño de población finito:**

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde

n= Tamaño de muestra

N= Tamaño del universo

Z= Nivel de confianza 1.96 a cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p= Variabilidad positiva, el valor de 0,5 para que la muestra sea representativa

q= 1-p (si p= 70%, q= 30%) variabilidad negativa

e= Precisión o error. Se recomienda tomar valores entre 5% o 15%

Datos

n=?

N= 5999

Z= 1,96

p= 0.5

q= 0.5

e= 5%

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 5999}{5999 * 5\%^2 + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{3.84 * 0.5 * 0.5 * 5999}{5999 * (2.5 \times 10^{-3}) + 3.84 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{5759.04}{15.9575}$$

$$n = 360.898637$$

$$n = 361$$

El tamaño de muestra para realizar las encuestas será 361.

➤ **Tamaño de la muestra por estratos (Sn)**

$$Sn = \frac{Nh * n}{N}$$

Donde:

Sn= Tamaño de la muestra por estrato

Nh= Tamaño de la población del estrato

n= Tamaño de la muestra calculada

N= Tamaño de la población total

➤ **Loma de Tomatitas**

$$Sn = \frac{450 * 361}{5431}$$

$$Sn = 30$$

➤ **Rincón de la Victoria**

$$Sn = \frac{216 * 361}{5431}$$

$$Sn = 14$$

➤ **La Victoria**

$$Sn = \frac{899 * 361}{5431}$$

$$Sn = 60$$

➤ **Erquiz Sud**

$$Sn = \frac{465 * 361}{5431}$$

$$Sn = 31$$

➤ **Barrio Central, Barrio la Banda, Barrio Oscar Alfaro, San Pedro**

$$Sn = \frac{3401 * 361}{5999}$$

$$Sn = 226$$

Suma de muestra por estratos (Sn)

$$Sn = 30 + 14 + 60 + 31 + 226$$

$$Sn = 361$$

2.13.2. Fase de Campo

○ **Relevamiento de Encuesta**

La recopilación de la información se realizó a través de las encuestas con la finalidad de conocer los diferentes usos de consumo de agua que se distribuye en el Municipio.

○ **Identificación de los puntos de muestreo**

Se identificó los focos de posible contaminación con la finalidad de tomar muestras de agua que fueron analizados en laboratorios de CEANID.

○ **Ubicación de puntos de muestreo**

Se ubicó los siguientes puntos de muestreo:

✓ Agua Residual Urbana (ARU)

1. A la salida de la Planta de Tratamiento de Agua Residual PTAR
2. Punto intermedio entre efluente y afluente
3. A la salida del efluente al río Guadalquivir

○ **Muestreo de Campo**

Se tomó las muestras representativas de agua de acuerdo a lo que exige la Guía para la toma de muestras de agua residual para su respectivo análisis.

- **Análisis de laboratorio de las muestras de campo**

Las muestras de agua tomadas se analizaron en el laboratorio de CEANID. Se tomaron en cuenta los parámetros de DQO y DBO₅.

2.13.3. Fase de Potscampo

Sistematización y tabulación de la información de campo

Se realizó la sistematización y tabulación de toda la información de campo.

Análisis y comparación de los resultados de laboratorio

Se analizaron e interpretaron los resultados de laboratorio después de obtener los mismos.

CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL MUNICIPIO

Para el presente trabajo se realizarán los siguientes cálculos:

Ecuación 1:

$$\text{Huella Hídrica} = \text{HH azul} + \text{HH Gris} + \text{HH Verde}$$

Las características de metodología de cuantificación aplicadas en el sector identificado están detalladas en las siguientes secciones.

Cálculo de la Huella Hídrica Azul

Ecuación 2:

$$\text{HH Azul (Ec. 2a)} = \text{Afluyente} - \text{Efluyente}$$

Dónde:

- El afluyente es el volumen de agua usada en la actividad evaluada, como aparece en la factura de servicios de agua potable
- El efluyente es el volumen de agua calculada.

Finalmente, la HH Azul de un sector se puede cuantificar multiplicando la HH Azul per cápita determinada por la Water Footprint Network por la cantidad de habitantes o funcionarios dentro del sector evaluado (Ecuación 2b).

$$\text{HH Azul (Ec. 2b)} = \text{HH Azul per cápita} \times \text{N}^\circ \text{ de Habitantes}$$

El orden de prioridad es el presentado en el documento, es decir, si no se encuentran los datos para la cuantificación de la HH Azul con la ecuación 2.a, entonces se prosigue a la 2.b usando finalmente.

Cálculo de la Huella Hídrica Gris

La ecuación de la HH Gris que se considera para todos los casos es:

Ecuación 3:

$$\text{HH Gris} = \frac{V_{\text{efl}} \times (C_{\text{efl}} - C_{\text{nat}})}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

Donde:

- Volefl.: Volumen del efluente
- Cefl: Concentración en el efluente en base al parámetro utilizado para la cuantificación
- Cnat.: Concentración natural libre de impactos antropogénicos del parámetro utilizado para la cuantificación.
- Cmax: Concentración máxima del parámetro utilizado para la cuantificación en el cuerpo receptor según la normativa ambiental

Cálculo de la Huella Hídrica Verde

Para la cuantificación de la HH Verde, se necesitan los siguientes datos:

- Superficie de cobertura de áreas verdes en el área urbana
- Información del mantenimiento de áreas verdes

ArcGIS para cuantificación de HH Verde

El programa ArcGIS será utilizado para la cuantificación de HH Verde, proporciona herramientas para el mapeo y el razonamiento espacial es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. para la cuantificación de la HH Verde.

Los resultados obtenidos pueden exportarse a una tabla Excel para el posterior cálculo de la HH Verde.

Análisis de Sostenibilidad Huella Hídrica Azul

La HH Azul Total de la ciudad es la suma de las HH cuantificadas de los sectores evaluados. Su sostenibilidad es cuantificada comparando la disponibilidad de agua azul mensual (agua disponible real) de la cuenca de la que se extrae agua para el uso y consumo en la ciudad con el uso y consumo de agua en la ciudad. Para determinar la escasez de agua y la sostenibilidad de agua, se debe dividir la HH Azul cuantificada de la ciudad por el volumen de agua disponible real (agua azul) (ecuación 4). Si la división es menor a 1, entonces se puede concluir que el impacto ambiental en cuanto al consumo de agua no existe o no es significativo. Cuanto mayor sea a 1, la situación es peor.

Cálculo de Sostenibilidad HH azul

La sostenibilidad de la HH Hídrica se realizará en relación de la siguiente:

Ecuación 4:

$$\text{Sostenibilidad HH azul} = \frac{\sum \text{HH Azul}}{\text{Disponibilidad Natural}}$$

Análisis de Sostenibilidad Huella Hídrica Gris

La HH gris total de la ciudad, es la suma de las HH grises cuantificadas en los diferentes sectores de la misma. La sostenibilidad de la HH Gris, se cuantifica con el volumen de

agua natural y la HH Gris total de la ciudad; este valor se denomina índice de contaminación hídrica.

Cálculo de Sostenibilidad HH gris

La sostenibilidad de la HH Hídrica se realizará en relación de la siguiente:

Ecuación 5:

$$\text{Sostenibilidad HH azul} = \frac{\sum \text{HH gris}}{\text{Disponibilidad real del agua en cuenca}}$$

Cuadro N° 3 Rango de Evaluación de Impactos Sobre los Requerimientos Ambientales de la Cuenca

Mayor a 4	Rojo	Mayor a 1,5	Naranja
Mayor a 2	Marrón	Mayor a 1	Amarillo

Fuente: En base al Studio Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M. (2011).

CAPÍTULO III

RESULTADO Y DISCUSIONES

A continuación, se presentan los resultados de acuerdo a los objetivos específicos.

3.1. Resultado de la cuantificación del consumo de agua potable del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

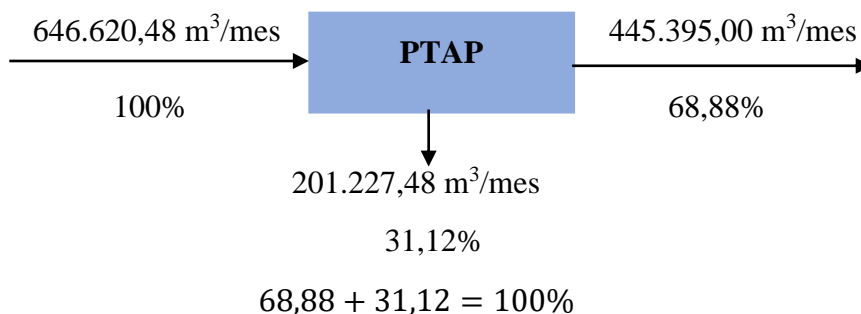
Con la finalidad de obtener la cuantificación del consumo de agua potable se obtuvo los siguientes datos:

DATOS DE AGUA POTABLE SAN LORENZO

Agua disponible: 646.620,48 m³/mes

Agua aprovechada: 445.393,00 m³/mes

Actualmente el agua con que se cuenta disponible es de 646.620,48 m³/mes y solo es aprovechada 445.393,00 m³/mes, donde se evidencia una pérdida de 201.227,48 m³/mes, estas pérdidas se encuentran en las viviendas y las aducciones por gravedad.



Fuente: Elaboración propia.

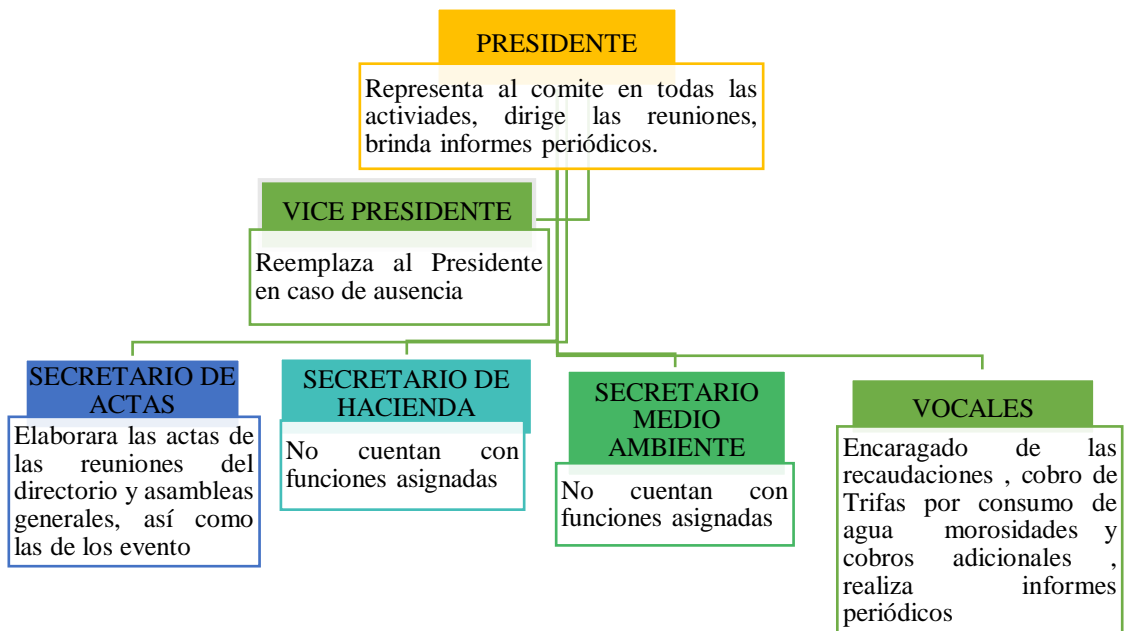
Causas que generan la pérdida de agua:

- Conexiones clandestinas
- Riego de parques y jardines
- Ruptura de tuberías en la distribución
- Pérdida en la planta de tratamiento

3.2.Resultado del sistema organizacional de la empresa prestadora del servicio de agua potable del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

Se presenta el organigrama de cómo está enfocada la empresa prestadora del servicio de agua potable del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

ORGANIGRAMA COMITÉ DE AGUA POTABLE SAN LORENZO



Fuente: Elaboración propia.

Comparando el organigrama del municipio de San Lorenzo EPSA Mancomunitaria Social Moto Méndez con la empresa de COSAALT de Cercado se ve claramente que tiene un sistema organizacional más completo, es una entidad con una Visión capacitada en la gestión de agua potable y alcantarillado sanitario para mejorar la calidad de vida de la población y una Misión de garantizar los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario con calidad y sostenibilidad. La Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado Tarija, cuenta con una organización altamente formalizada y centralizada, cuenta con niveles jerárquicos claramente definitivos. Nivel Directivo (Nivel de Decisión superior), un nivel intermedio de asesoramiento (staff), Nivel

Ejecutivo (Nivel ejecutivo-técnico operativo), Nivel Operacional (Nivel Administrativo y Técnico Especializado).

Los atribuciones y responsabilidades correspondiente a cada nivel están formalmente descritos en las normas y estatutos que rigen en esta cooperativa.

Nivel Directivo (Nivel de Decisión Superior)

Este nivel está compuesto por las siguientes autoridades: Asamblea General de Socios, Concejo Administrativo y General, Concejo de Vigilancia, Comité de Educación.

Designadas por asamblea: Comité de previsión y asistencia social, Comisiones designadas.

Este nivel de autoridad es el que se encarga de velar el buen desenvolvimiento administrativo de las gestiones gerenciales de la cooperativa, además de canalizar a través de las asambleas de socios las exigencias de logro de objetivos trazados por la cooperativa.

Nivel Ejecutivo (Nivel ejecutivo-técnico operativo)

Está compuesto por los siguientes: Gerencia Administrativa, Gerencia Técnica, Gerencia Comercial.

Este nivel está encargado de consolidar el cumplimiento de los objetivos y metas de la cooperativa y con el fin de canalizar de decisiones de la asamblea general de socios establece un mando superior de la institución de pendiente del nivel ejecutivo que se ocupa de hacer cumplir dentro de la empresa las resoluciones tomadas. Estas resoluciones se convierten en planes, programas, proyectos, políticas, acciones, a largo mediano y corto plazo.

Nivel Operacional (Nivel Administrativo y Técnico Especializado)

Nivel encargado de ejecutar la planificación del nivel ejecutivo, que abarca desde el personal administrativo técnico, en este nivel existe mayor cantidad de personal, las requeridas para llevar a cabo la prestación de este servicio.

3.2.1. Análisis de las encuestas vinculadas a la investigación

Los resultados alcanzados mediante la aplicación de la encuesta, con una muestra representativa de la población aproximadamente de 361 individuos, se detallan a continuación:

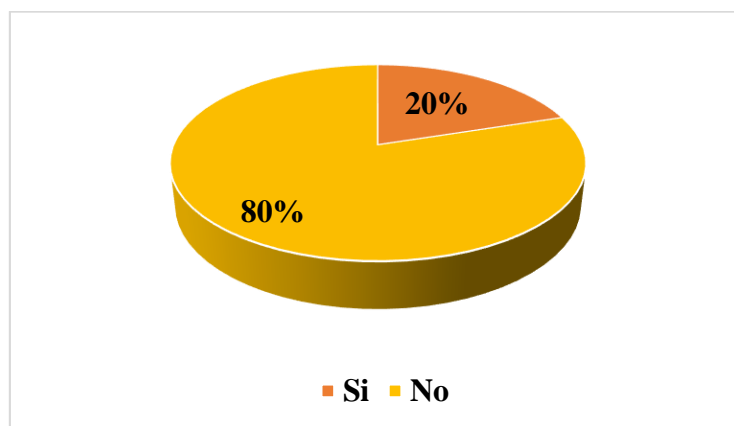
1. ¿Usted tiene conocimiento sobre la Huella Hídrica?

Tabla N°1 Conocimiento de la Huella Hídrica

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
1	Si	74	20%
	No	287	80%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 1 Conocimiento de la Huella Hídrica



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la pregunta planteada se evidencia en el gráfico y la tabla N° 1, que un 80% que representa a 287 de 361 hab. no tienen conocimiento, es evidente que existe un índice alto de desconocimiento hacia el concepto de lo que es la Huella Hídrica y lo que engloba debido a la falta de educación ambiental no tienen dicha información, a esto se le puede atribuir a que en el Municipio no se dan a conocer estos términos de importancia., mientras que en un 20% es decir de 74 hab. dijeron que si escucharon acerca del tema, en su mayoría los que tienen conocimiento son maestros y tienen una idea de lo que es la Huella Hídrica.

A diferencia de los resultados de la investigación realizada por (*Gallardo, 2021*), se puede apreciar que en el Municipio de Entre Ríos, el 96% no tiene conocimiento de la Huella Hídrica y un 4% dijo que si escucho acerca del tema.

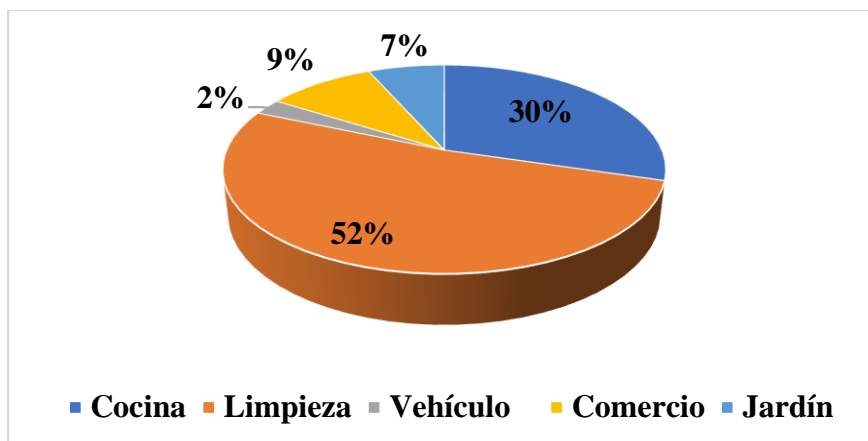
2. ¿Cuál es la actividad en la que más gasta el agua?

Tabla N°2 Actividad de mayor consumo de Agua

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
2	Cocina	107	30%
	Limpieza	187	52%
	Vehículo	9	2%
	Comercio	34	9%
	Jardín	24	7%
	Otros	0	0%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 2 Actividad de mayor consumo de Agua



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en el gráfico y la tabla N° 2, de 361 encuestados de 107 hab. que es un 52% dice que, en la actividad que gastan más el agua es en la limpieza, de 107 hab. que es un 30% en la Cocina, de 34 hab. que es un 9% en Comercio, de 24 hab. que es un 7% en Jardín, de 9 hab. que es un 2% en Vehículo y finalmente 0% en otras actividades. Revisando los resultados se evidencia que se está dando un uso inadecuado del agua.

Comparando con los resultados propuestos por (*Gallardo, 2021*), se puede apreciar que en el Municipio de Entre Ríos, un 39 % dice que en la actividad que gastan más agua es en la Cocina, 36 % en el Aseo, un 12 % en el Jardín, un 6 % en Vehículo y con el mismo porcentaje de 6% en el Comercio y finalmente 1 % en otros.

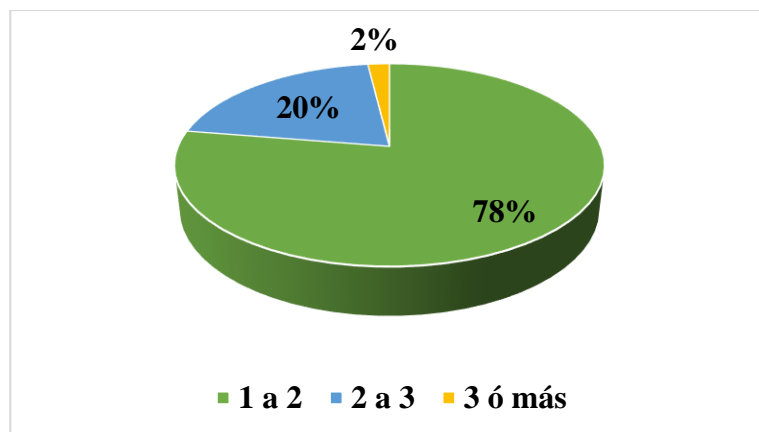
3. ¿Cuántos inodoros tiene instalados en su hogar?

Tabla N°3 Cantidad de inodoros por vivienda

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
3	1 a 2	280	78%
	2 a 3	74	20%
	3 o más	7	2%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 3 Cantidad de inodoros por vivienda



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la cantidad de inodoros en el gráfico y la tabla N° 3, se evidencia que de 280 hab. que es un 78% tiene entre 1 a 2 inodoros, de 74 hab. que es un 20% tiene de 2 a 3 inodoros y finalmente de 7 hab. que es un 2% entre 3 o más. Se evidencia claramente que la mayoría tiene entre 1 a 2 inodoros instalados en sus hogares, aunque es evidente que no tienen conocimiento de cuanto consumen de agua al usarlos en cada descarga.

Teniendo los resultados recopilados por (*Gallardo, 2021*), se puede apreciar que en el Municipio de Entre Ríos, 35 viviendas cuentan con 1 baño, 31 viviendas cuentan con 2 baños y 6 viviendas tienen 3 baños.

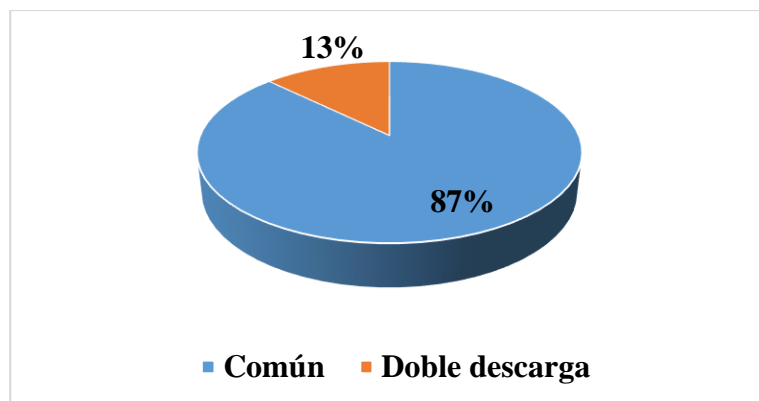
4. ¿Qué tipo de inodoros tiene instalado en su hogar?

Tabla N°4 Tipo de inodoros

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
4	Común	315	87%
	Doble descarga	46	13%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4 Tipo de inodoros



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la pregunta planteada en el gráfico y la tabla N° 4, se observa el tipo de inodoros instalados por vivienda donde los resultados indican que de 315 hab. que es un 87% tiene inodoros de tipo común y de 46 hab. que es un 13% tiene inodoros de doble descarga. Se sabe que los inodoros de tipo común, tienen una sola descarga de 10 ℓ y son los más vendidos en las ferreterías, revisando los resultados obtenidos se evidencia que, en la mayoría de los encuestados no tienen un conocimiento claro del tipo de inodoro que tienen instalados en sus viviendas, afirmaron que de tipo común ya que ignoran que los de doble descarga tienen alta eficiencia y un consumo más reducido de agua ya que tiene dos tipos de descarga; para sólidos que al accionarlo libera toda el agua del tanque y para líquidos tan solo libera la mitad.

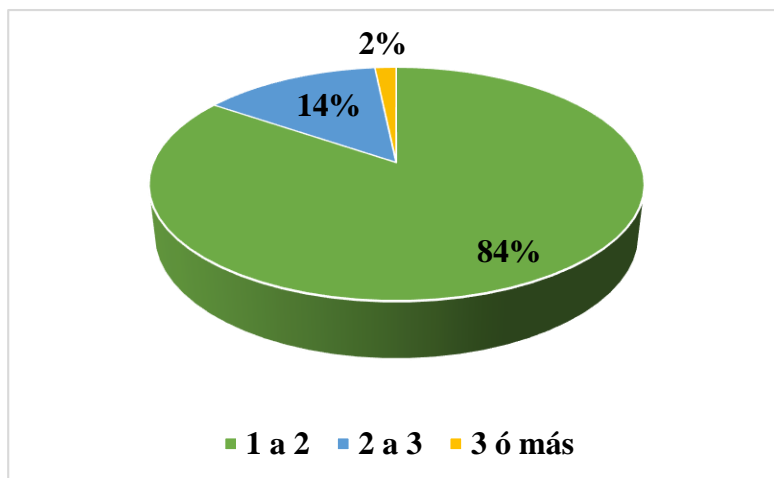
5. ¿Cuántas duchas tiene instalado en su hogar?

Tabla N°5 Cantidad de ducha por vivienda

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
3	1 a 2	305	84%
	2 a 3	50	14%
	3 o más	6	2%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5 Cantidad de ducha por vivienda



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en el gráfico y la tabla N° 5, la cantidad de duchas donde los resultados indican que de 305 hab. que es un 84% tiene entre 1 a 2 duchas, de 50 hab. que es un 14% tiene de 2 a 3 duchas y finalmente de 6 hab. que es un 2% tiene 3 o más. Se puede constatar que en su totalidad tienen de 1 a 2 duchas instalados en sus hogares.

Se observa que comparando los resultados de (*Gallardo, 2021*), se puede apreciar que en el Municipio de Entre Ríos, que en 41 viviendas cuentan con 1 ducha, 27 viviendas cuentan con 2 duchas y 4 viviendas tienen 3 duchas.

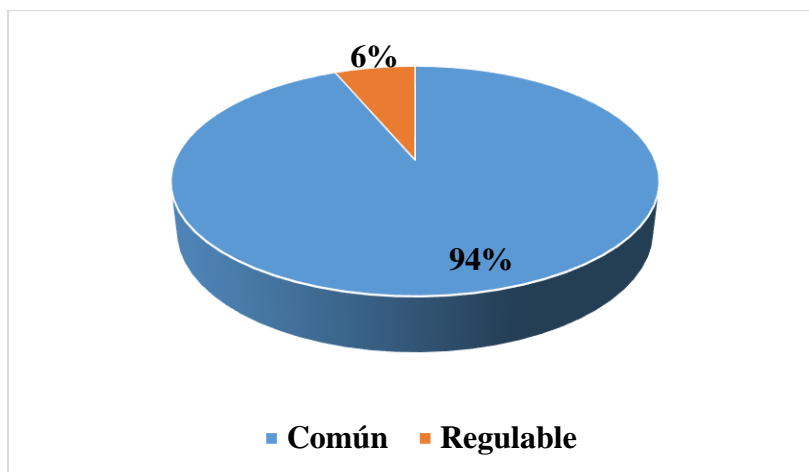
6. ¿Qué tipo de ducha tiene instalado en su hogar?

Tabla N° 6 Tipo de ducha por vivienda

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
6	Común	338	94%
	Regulable	23	6%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 6 Tipo de ducha por vivienda



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la cantidad de tipo de ducha en el gráfico y la tabla N° 6, se tiene que de 338 hab. que es un 94% tiene duchas de tipo común y de 23 hab. que es un 6% tiene duchas de tipo regulable. Se asumió que los encuestados no tienen un conocimiento claro del tipo de ducha que poseen ya que suponen de tipo común en gran mayoría, se sabe que al bañarse 10 min se gastan entre 65 y 105 ℓ de agua, mientras que bañarse en 5 min entre los 3 y 52 ℓ, lo que nos demuestra que no tienen conocimiento que la ducha de tipo regulable consume menos agua por lo que la más utilizada es la de tipo común.

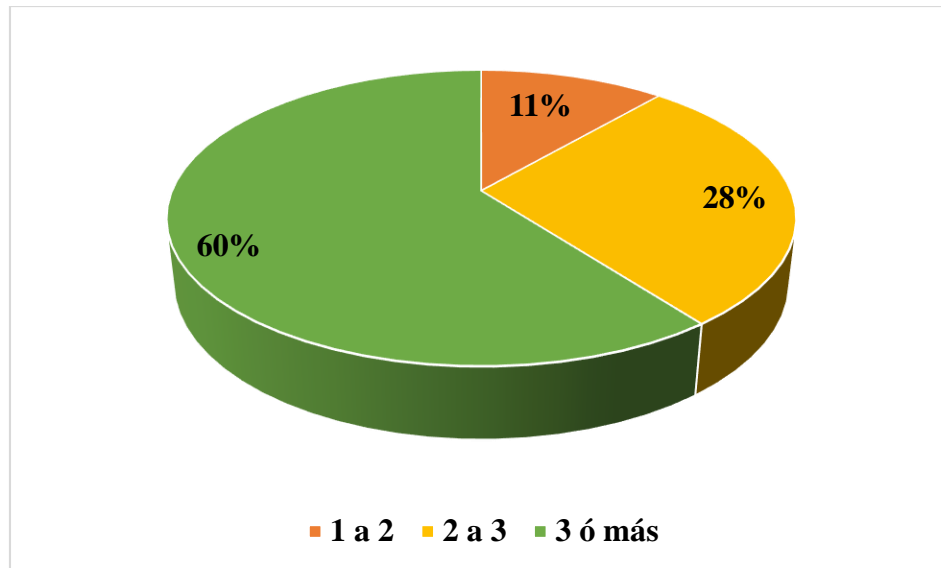
7. ¿Con qué frecuencia utiliza la ducha a la semana?

Tabla N° 7 Uso de la ducha

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
7	1 a 2	41	11%
	2 a 3	102	28%
	3 o más	218	60%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 7 Uso de la ducha



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en el gráfico y la tabla N° 7, que de 218 hab. que es un 60% usa la ducha de 3 o más veces por semana, de 102 que es un 28% usa 2 a 3 veces por semana y finalmente de 41 hab. que es un 11% usa 1 a 2 veces a la semana. Lo que indica que el mayor porcentaje usa más de 3 veces la ducha a la semana, muchas veces se sabe que el uso más frecuente de la ducha se debe al cambio de clima en verano para refrescarse por otra parte, también se tuvo como dato que la mayoría de los encuestados ninguno cronometra su tiempo en la ducha y no tienen conocimiento de cuanto de agua gastan al ducharse, se recomienda limitarse a 5 min para así tener un uso sostenible del agua.

Al realizar la comparación con la investigación por (*Gallardo, 2021*), se puede evidenciar que en el Municipio de Entre Ríos, un 39% usa la ducha de 3 a 6 veces por semana, un 32% usa de 1 a 3 por semana y un 29% usa más de 6 veces a la semana.

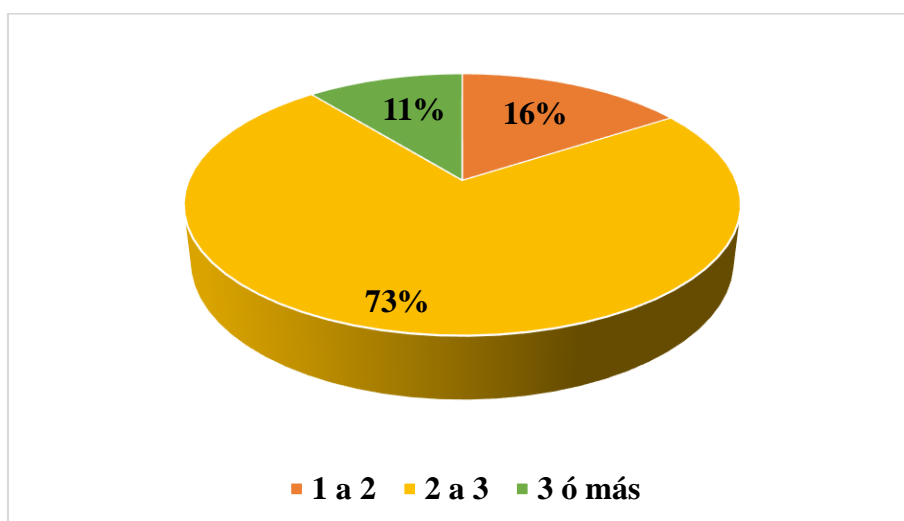
8. ¿Cuántas veces al día lava sus servicios de cocina?

Tabla N° 8 Lavado de Servicio

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
8	1 a 2	57	16%
	2 a 3	265	73%
	3 o más	39	11%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 8 Lavado de Servicio



Fuente: Elaboración propia.

En relación a cuantas veces lava sus servicios de cocina en el gráfico y la tabla N° 8, al día se tiene que de 265 hab. que es un 73% lava sus servicios 2 a 3 veces por día, de 57 hab. que es un 16% lava los servicios de 1 a 2 veces por día y finalmente de 39 hab. que es un 11% nos indica que lava más de 3 veces por día. La mayoría de los encuestados indican que en sus viviendas desayunan, almuerzan, cenan y algunos cuentan con ventas de comida lo que les lleva a lavar más de 3 veces por día sus servicios.

Presentando la comparación de los resultados de (*Gallardo, 2021*), se puede apreciar que en el Municipio de Entre Ríos, un 85% lava los platos 2 a 3 veces por día, un 8% lava los servicios 1 vez al día y un 7% nos indica que lava más de 3 veces por día.

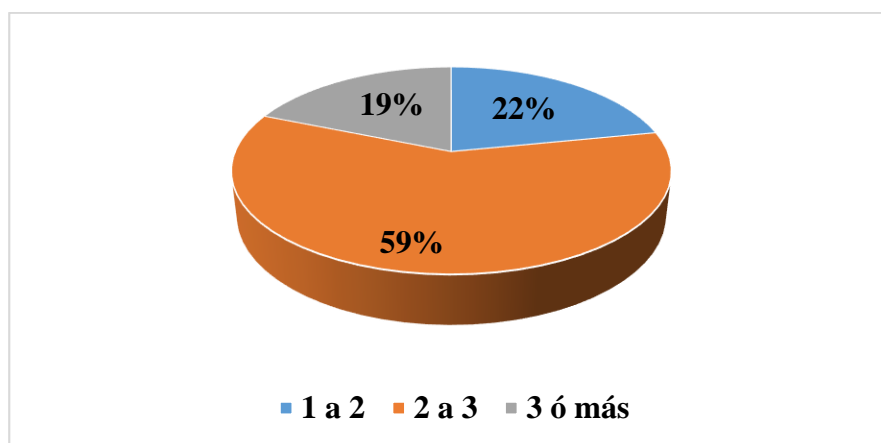
9. ¿Cuántas veces lavas tu ropa a la semana?

Tabla N° 9 Lavado de ropa por semana

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
9	1 a 2	79	22%
	2 a 3	214	59%
	3 o más	68	19%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 9 Lavado de ropa por semana



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la pregunta planteada en el gráfico y la tabla N° 9, se evidencia que de 214 hab. que es un 59% lava su ropa de 2 a 3 veces por semana, de 79 hab. que es un 22% lava su ropa de 1 a 2 veces por semana y de 69 hab. que es un 19% nos indica que lava su ropa más de 3 veces por semana. La razón de la cantidad de veces que lavan sus ropas se debe a que la mayoría de los encuestados cuentan con varios integrantes en sus viviendas razón por la cual les lleva a la acumulación de su ropa siendo así que

la lavan de 2 a 3 veces por semana el acumulo de la ropa tiene mucho que ver con la higiene personal de cada uno.

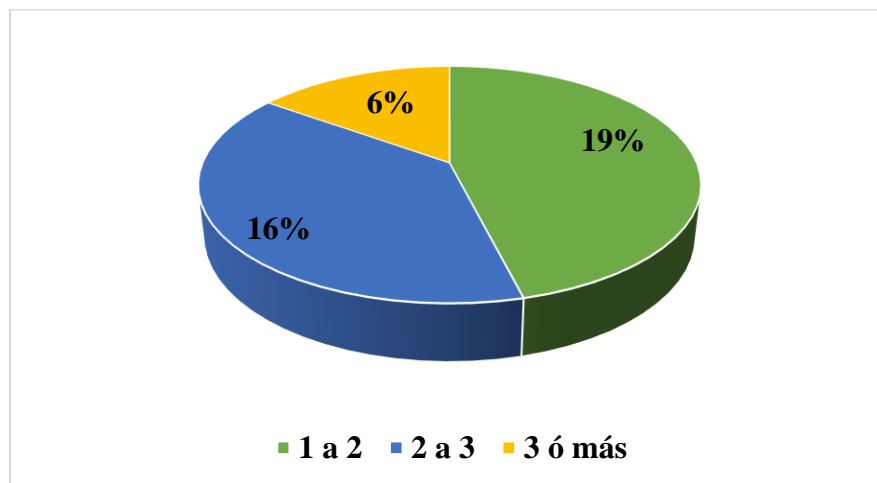
10. ¿Tiene en su domicilio lavadora y con qué frecuencia la utiliza?

Tabla N° 10 Posee lavadora y con qué regularidad la usa

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
10	1 a 2	70	19%
	2 a 3	59	16%
	3 o más	23	6%
	No tiene	209	58%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 10 Posee lavadora y con qué frecuencia la usa



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en el gráfico y la tabla N° 10, que de 70 hab. que es un 19% tiene lavadora y la usa de 1 a 2 veces por semana, de 59 hab. que es un 16% tiene lavadora y la usa de 2 a 3 veces por semana, de 23 hab. que es un 6% tiene lavadora y la usa más de 3 veces por semana finalmente se observa que el mayor porcentaje de 209 hab. que es un 58% no tiene lavadora. En su mayoría los encuestados indican que cuentan con lavadora ya que ofrece la ventaja del tiempo ya que ocupa menos tiempo requerido que

una persona lavando a mano y la facilidad de su uso convirtiendo el trabajo riguroso de lavar más fácil.

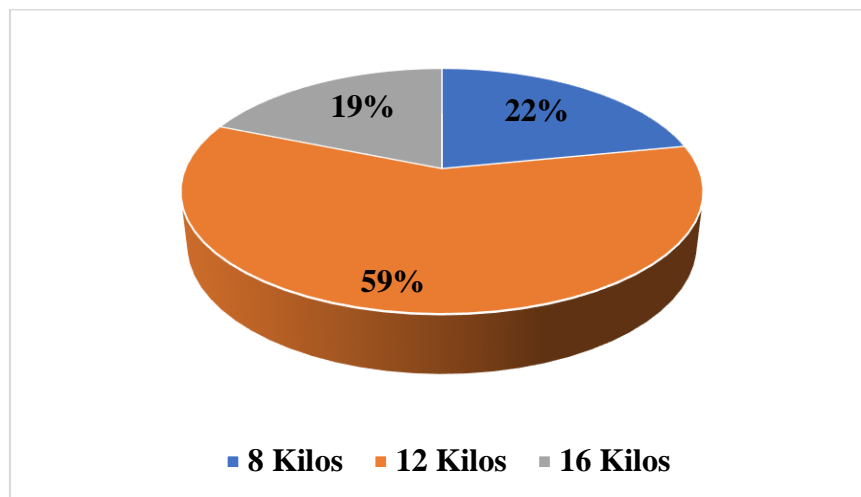
11. ¿De cuantos kilos es la capacidad de la lavadora?

Tabla N° 11 Capacidad de la lavadora

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
11	8 Kilos	79	22%
	12 Kilos	214	59%
	16 Kilos	68	19%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 11 Capacidad de la lavadora



Fuente: Elaboración propia.

Es evidente que en el gráfico y la tabla N° 11, de 361 encuestados 214 hab. que es un 59% tienen lavadoras con una capacidad de 12 Kilos, de 79 hab. que es un 22% de 8 Kilos y finalmente de 68 hab. que es un 19% de 16 Kilos. Se supo que se cuenta con lavadoras de mayor capacidad ya que ofrece mejor flexibilidad sino también un mayor ahorro ya que al introducir más ropa se realiza menos lavados diarios y se ahorra el consumo de electricidad.

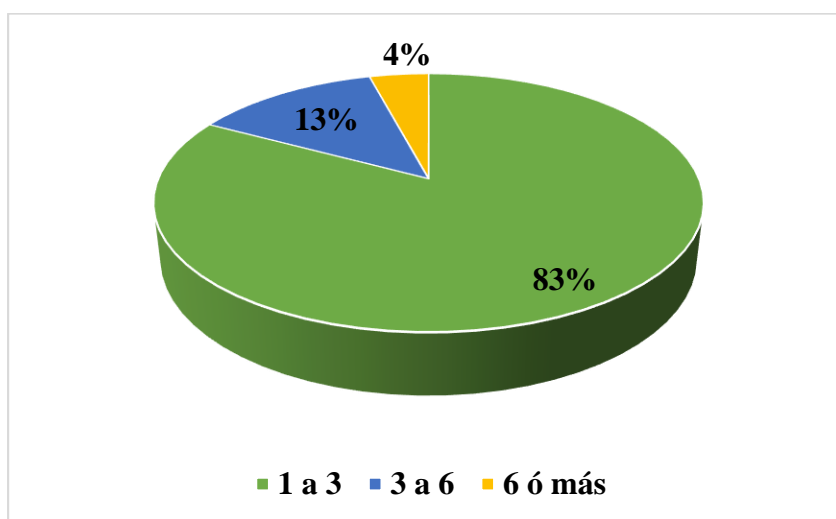
12. ¿Cuántas veces riega su jardín por semana?

Tabla N° 12 Riego de Jardín

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
12	1 a 3	299	83%
	3 a 6	47	13%
	6 o más	15	4%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 12 Riego de Jardín



Fuente: Elaboración propia.

Producto de la tabulación de todas las encuestas en el gráfico y la tabla N° 12, se puede observar que de 299 hab. que es un 83% riega su jardín de 1 a 3 veces por semana, de 47 hab. que es un 13% riega su jardín de 3 a 6 veces por semana, de 15 hab. que es un 4% nos dice que riega 6 o más veces por semana. Al encuestar se observó que la mayoría de las viviendas cuentan con jardines amplios e indicaron que la mayoría los riega dependiendo al tipo de plantas que poseen y también debido al clima de su entorno.

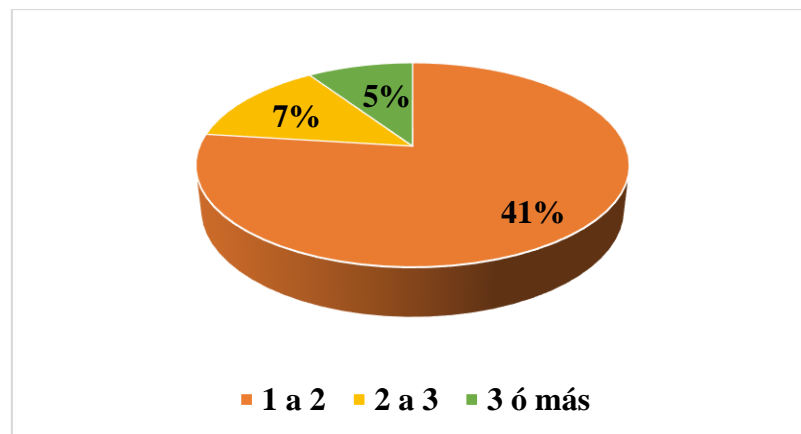
13. ¿Cuántas veces lava su automóvil por semana?

Tabla N° 13 Uso para lavado de automóvil

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
13	1 a 2	147	41%
	2 a 3	26	7%
	3 o más	18	5%
	No tiene	170	47%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 13 Uso para lavado de automóvil



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la pregunta planteada en el gráfico y la tabla N° 13, se observa que de 147 hab. que es un 41% lava su auto de 1 a 2 veces por semana, de 26 hab. que es un 7% lava su auto de 2 a 3 veces por semana, finalmente de 18 hab. que es un 5% la usa más de 3 veces por semana lo que indica que el mayor porcentaje presenta que de 170 viviendas que es un 47% no tiene automóvil. Se sabe que la mayoría lava su automóvil de 1 a 2 veces por semana porque son cuidadosos y tratan de mantenerlo limpio, en buenas condiciones y darles un buen aspecto fundamental en su cuidado exterior.

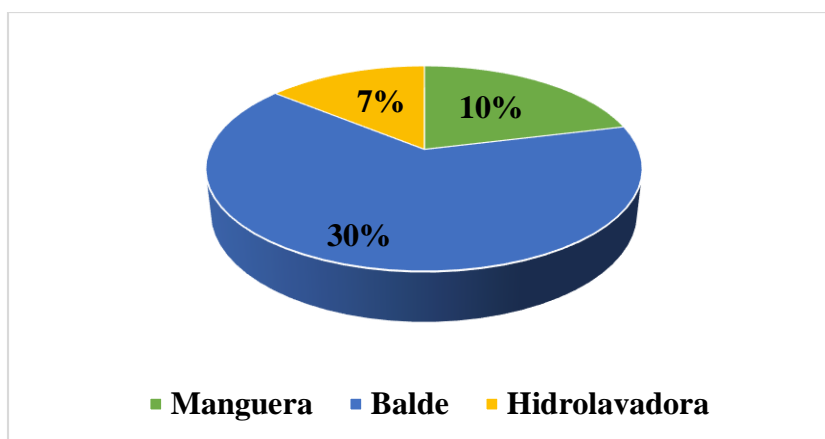
14. ¿Qué utiliza para lavar su automóvil?

Tabla N° 14 Que usa para lavado de automóvil

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
14	Manguera	36	10%
	Balde	110	30%
	Hidrolavadora	24	7%
	No tiene	191	53%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 14 Que usa para lavado de automóvil



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en el gráfico y la tabla N° 14, de 110 hab. que es un 30% utiliza baldes para el lavado de sus vehículos, de 36 hab. que es un 10% usa manguera para el lavado, de 24 hab. que es un 7% usa hidrolavadora y de 191 hab. que es un 53% no respondió el lavado de su vehículo y también a esto se le atribuye que en su mayoría no cuentan con una movilidad o también porque muchos llevan a la lavandería de autos, la mayoría usa baldes para lavar sus automóviles debido a su facilidad también porque asegura un mayor nivel de detalle y cuidado, ya que evita rayones que podrían causar el uso de la manguera o la hidrolavadora y al mismo indicaron que se ahorra gran cantidad de agua y evitado su derroche.

Revisando con los resultados de (*Gallardo, 2021*), se puede apreciar que en el Municipio de Entre Ríos, un 50% no respondió el lavado de su vehículo, un 29% usa manguera para el lavado y un 21% utiliza cubetas para el lavado de vehículos.

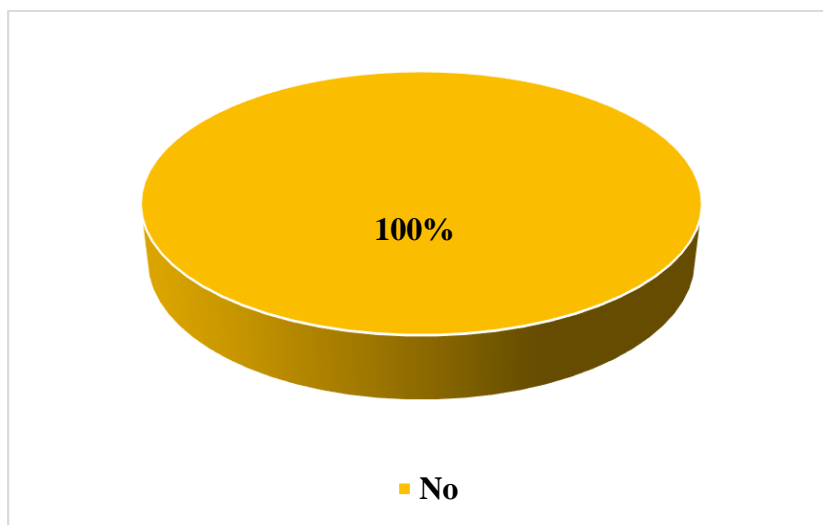
15. ¿En su domicilio cuenta con piscina?

Tabla N° 15 Cuenta con piscina

Pregunta N°	Respuesta	Total	Porcentaje (%)
15	Si	0	0%
	No	361	100%
		361	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 15 Cuenta con piscina



Fuente: Elaboración propia.

Es evidente observar en el gráfico y la tabla N° 15, que de 361 hab. que es un 100% no cuentan con piscina. Los encuestados en su totalidad indican que no cuentan con piscina debido a los altos costos de instalación, el tiempo, dinero en su debido mantenimiento gastos en reparaciones y también porque la cantidad de agua que se ocupa en las piscinas son excesivas e indican que tiene en cuenta el coste de agua ya que la facturación de agua es elevada.

3.3.Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del área urbana del Municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

Consiste en una cámara séptica y un pozo de absorción, actualmente está enterrada con escombros y no se puede demostrar su estado actual.

Reactor UASB es de concreto armado impermeabilizado con Sika 1 ó similar, revestidos interiormente con un impermeabilizante (manta asfáltica) resistente al ácido sulfúrico. Las dimensiones de los Reactores UASB son de 5.20 m de ancho y 10 m de largo y una altura útil de 5.50 m (la altura de los muros del reactor es de 6.20 m), El reactor esta semienterrado a una profundidad de 60 cm por debajo del terreno natural (el fondo del reactor estará aprox. 60 cm enterrado) para poder operar por bombeo. La cota de fundación es de 1989.00 msnm. Se proyectó dos unidades UASB con las mismas dimensiones. Las Aguas Residuales serán ingresadas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales primero pasa por una cámara de inspección con una profundidad de 2.50 m y posteriormente es almacenado por aproximadamente 5 min en un cárcamo de bombeo con capacidad de 2.70 m^3 (dimensiones $b=1.50 \text{ m}$ $L=1.50$ $Hu=1.20 \text{ m}$) con una cota de fundación de 1985.62 msnm que eleva las Aguas Residuales y hará que ingrese al reactor UASB de manera uniformemente distribuida por medio de un sistema de tuberías que tiene esta distribución como objeto.

Las bombas trabajan de forma alternada con aproximadamente 7 a 8 pulsos por hora de acuerdo a un funcionamiento promedio. De ese reactor, el agua es conducida a una laguna de oxidación ubicada al otro extremo del río Calama mediante un sifón para luego ser vertidas al Río Guadalquivir.

Las aguas afluentes del reactor UASB son evacuados del reactor por medio de canales semicirculares situados en la parte superior del espejo de agua dentro del reactor UASB y conducidas a canales laterales ambos reactores, estos canales conducen el agua efluente de UASB en una cantidad de 9.84 l/s hacia un tanque de almacenamiento denominado TDH = Tanque de Descarga a Humedales. Este TDH tiene una capacidad de 53 m^3 cuyas dimensiones son $B=4.20 \text{ m}$ $L=4.20 \text{ m}$ y una altura útil de $Hu= 3.00$ que

conduce el agua efluente de UASB a los humedales son de PVC de E-40, los separadores de gas, son de Acero inoxidable sostenidos estructuralmente mediante cerchas de acero conformado en frio con pintura anticorrosiva según las especificaciones técnicas. La parte de los separadores de GLS en contacto con los muros de los reactores UASB es unida con silicona resistente al ácido sulfúrico.

Tratamiento secundario

Características constructivas particulares:

- Los humedales están conformados excavando el terreno natural, formando fosas con taludes internos estables. Se disponen 4 humedales de manera que el flujo sea tipo pistón.
- Para evitar la infiltración de aguas tratadas al suelo contiene una manta geo textil.
- Para el lecho de los humedales cuenta con grava de diferente gradado.
- Para la distribución de las aguas efluentes del Reactor UASB se las aguas lleguen hasta los humedales por gravedad a través de un Sifón invertido cuyo inicio está situado en la margen norte del Río Calama luego del tratamiento anaerobio. Las aguas serán descargadas del Tanque de Descarga a Humedales (TDH) por medio de una válvula de accionamiento automático.
- Las aguas llegan en una cantidad suficiente para el funcionamiento correcto de toda la superficie de los humedales. Esto garantiza el llenado de los humedales.
- Para la distribución uniforme de las aguas que lleguen a los humedales se instaló un sistema de tuberías perforadas para tal efecto funcionando por gravedad.

Imagen N° 4 UBICACIÓN DE LA PTAR



Fuente: EPSA Mancomunitaria Social Moto Méndez

Imagen N° 5 HUMEDALES

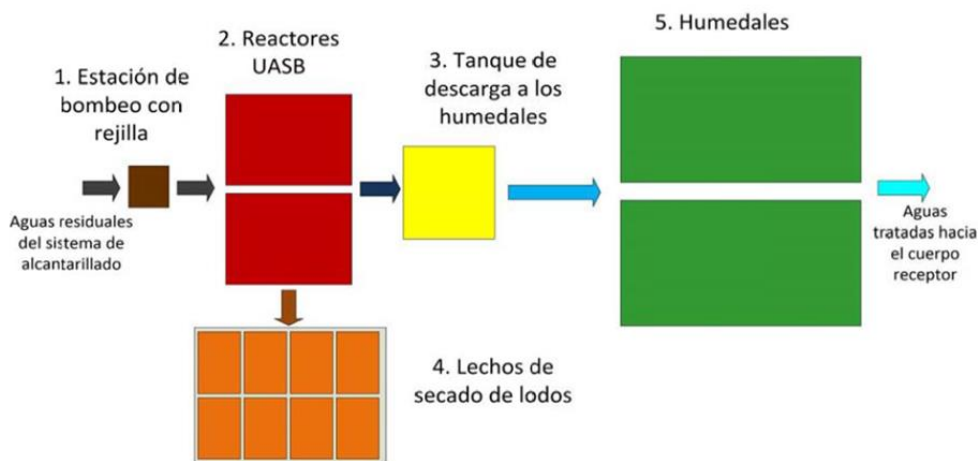


Fuente: EPSA Mancomunitaria Social Moto Méndez

El cuerpo receptor final de las aguas residuales tratadas de la planta de San Lorenzo, es el río Guadalquivir. En condiciones “teóricas” no se puede tampoco esperar un rendimiento muy alto de la PTAR actual ya que el área de la laguna de oxidación (segunda etapa) es muy pequeña ($\approx 1000 \text{ m}^2$) para eso. La eficiencia remocional de

parámetros de polución de las aguas de vertido al río Guadalquivir de la Planta de Tratamiento de Agua Residual actual no cumple con los requerimientos mínimos del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

Imagen N° 6 POSICIÓN ACTUAL: UNIDADES DE TRATAMIENTO



Fuente: EPSA Mancomunitaria Social Moto Méndez

3.4. Estimación de la huella hídrica del área urbana del Municipio de San Lorenzo aplicando el “MANUAL DE EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA” por Water Footprint Network.

Información para la estimación de la HH Azul

Para determinar la HH azul nos basamos en información del EPSA Mancomunitaria Social Moto Méndez.

Se recabó información de EPSA Mancomunitaria Social Moto Méndez, donde la encargada la Ingeniera Geinny Villa realizó un cobro y control respectivo de los medidores de las viviendas del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez mismo que cuenta con servicio de Agua Potable, está organizado por barrios, calles y cada uno es administrado con códigos.

El precio de cobro por viviendas varía de acuerdo a sus tarifas teniendo un promedio alrededor de 26,20 bs. para viviendas y 64,70 bs. para comerciantes y hostales, varía también de acuerdo al número de personas que viven en su domicilio.

**Cuadro N° 4 DATOS DEL CONSUMO PROMEDIO DE AGUA POR
HABITANTE**

Consumo	Volumen	Fuentes
OMS	80 ℓ/d	(OMS, 2019)
BOLIVIA	300 ℓ/d	(UNIFRANZ, 2019)
TARIJA	240 ℓ/d	(EMAGUA, 2022)

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 80 ℓ de agua al día para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene, presentando a comparación de Bolivia se evidencia que una persona requiere de 300 ℓ de agua al día y en Tarija tiene uno de los consumos más altos del país de 240 ℓ de agua al día según EMAGUA.

Estos datos son importantes para calcular la ecuación 2 de la HH azul (Ecuación 2b), donde es necesario la cantidad de habitantes de la población para así estimar de acuerdo a su consumo per cápita el valor HH azul en las viviendas del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

Información para la estimación de la HH Gris

Se obtuvo que el Caudal total es de 27,4 ℓ/s de ARU es decir el Efluente del Área Urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez. Siendo el Efluente el Volumen de agua contaminada y descargada después de ser usada en actividades estimadas.

En este caso pasan a la PTAR, pero se sabe que no está en funcionamiento así que sin previo tratamiento alguno sale directamente por los humedales al río.

A continuación, se detallan los resultados del parámetro DBO₅ y DQO en los distintos puntos de muestreo en las épocas de lluvia y estiaje todo esto para la estimación de la HH gris.

Resultados del parámetro DBO₅

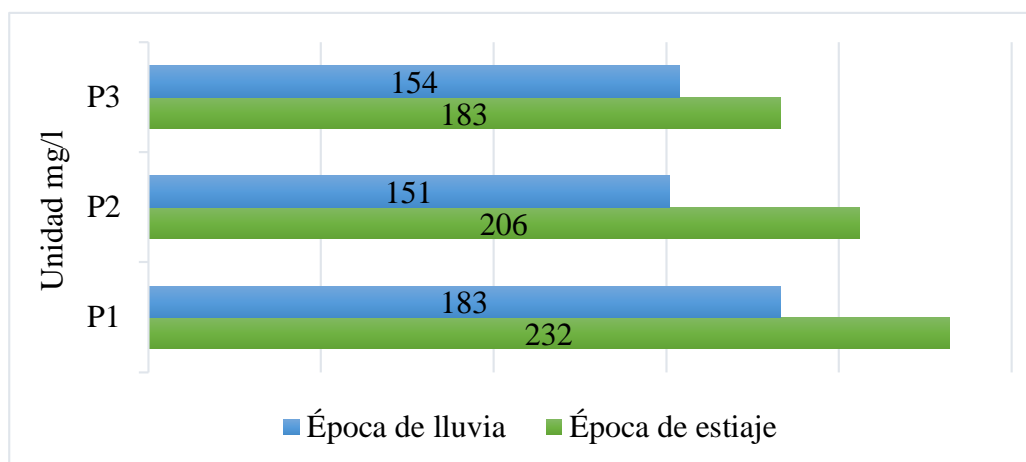
A continuación, se detallan los resultados, del parámetro DBO₅ en los diferentes puntos de muestreo en la época de lluvia y estiaje.

Cuadro N° 5 RELACIÓN DEL DBO₅ EN LOS 3 PUNTOS DE MUESTREO Y LOS LMP

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	RESULTADOS			LPM (p/descargas líquidas)
			Puntos de muestreo	Época de estiaje	Época de lluvia	
DBO ₅	SM 5210-B	mg/ℓ	P1	232	183	80
			P2	206	151	
			P3	183	154	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 16 RELACIÓN DEL DBO₅ EN LOS 3 PUNTOS DE MUESTREO Y LOS LMP



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la presentación gráfico N° 16 que se tiene anteriormente, de los datos obtenidos en laboratorio en los meses: diciembre 2022, enero 2023 en los diferentes puntos de muestreo estipulado para la toma de las muestras respectivas; Punto N° 1 (A la salida de la Planta de Tratamiento de Agua Residual PTAR), Punto N° 2 (Punto intermedio entre efluente y afluente), Punto N° 3 (A la salida del efluente al río Guadalquivir).

El valor DBO₅ (Demanda Biológica de Oxígeno) es una medida indirecta de la suma de todas las sustancias orgánicas biodegradables del agua. El valor DBO indica la cantidad de oxígeno disuelto (mg/ℓ) que se requiere durante un tiempo determinado para la degradación biológica de las sustancias orgánicas contenidas en el agua residual.

Se puede evidenciar que el parámetro DBO₅ (mg/ℓ), todos los resultados obtenidos a través de análisis de laboratorio CEANID-TARIJA estos datos sobre pasan los Límites Máximos Permisibles (LMP), esto en base a la Ley 1333 por lo que se puede concluir a este parámetro que es tres veces más elevado y no sacan el agua respecto a las normas.

Resultados del parámetro DQO

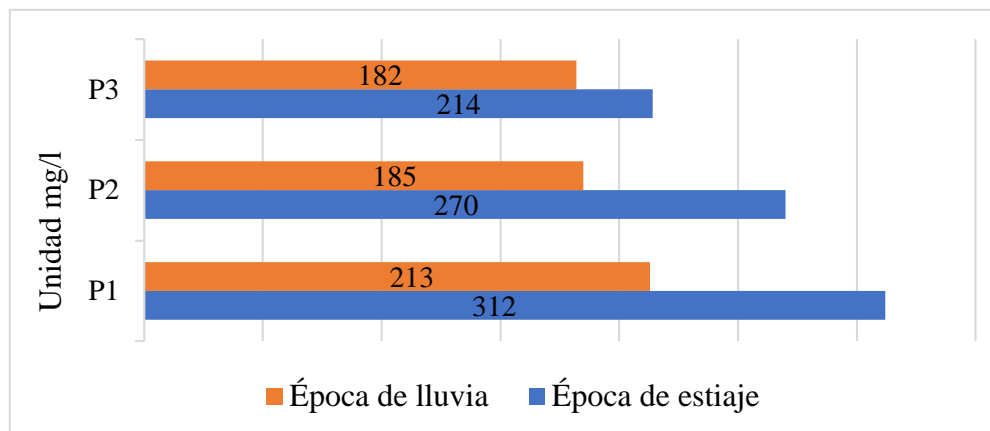
A continuación, se detallan los resultados en los diferentes puntos de muestreo en la época de lluvia y estiaje.

Cuadro N° 6 RELACIÓN DE LA DQO EN LOS 3 PUNTOS DE MUESTREO Y LOS LMP

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	RESULTADOS			LPM (p/descargas liquidas)
			Puntos de muestreo	Época de estiaje	Época de lluvia	
DQO	USEPA 410-4	mg/ℓ	P1	312	213	250
			P2	270	185	
			P3	214	182	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 17 RELACIÓN DE LA DQO EN LOS 3 PUNTOS DE MUESTREO Y LOS LMP



Fuente: Elaboración propia.

Viendo la presentación gráfico N° 17, el parámetro DQO (Demanda Química de Oxígeno), es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer químicamente la materia orgánica, en el laboratorio en todos los puntos realizados durante los meses: diciembre 2022, enero 2023 nos dan valores que están fuera del rango establecido.

Se puede observar que el parámetro DQO (mg/ℓ), todos los resultados que se tuvo en el laboratorio CEANID-TARIJA estos datos sobre pasan los Límites Máximos Permisibles (LMP), esto en base a la Ley 1333 por lo que se evidencia que este parámetro está contaminando cuerpos receptores y se sabe claramente que cuanto mayor es la DQO más contaminada está el agua.

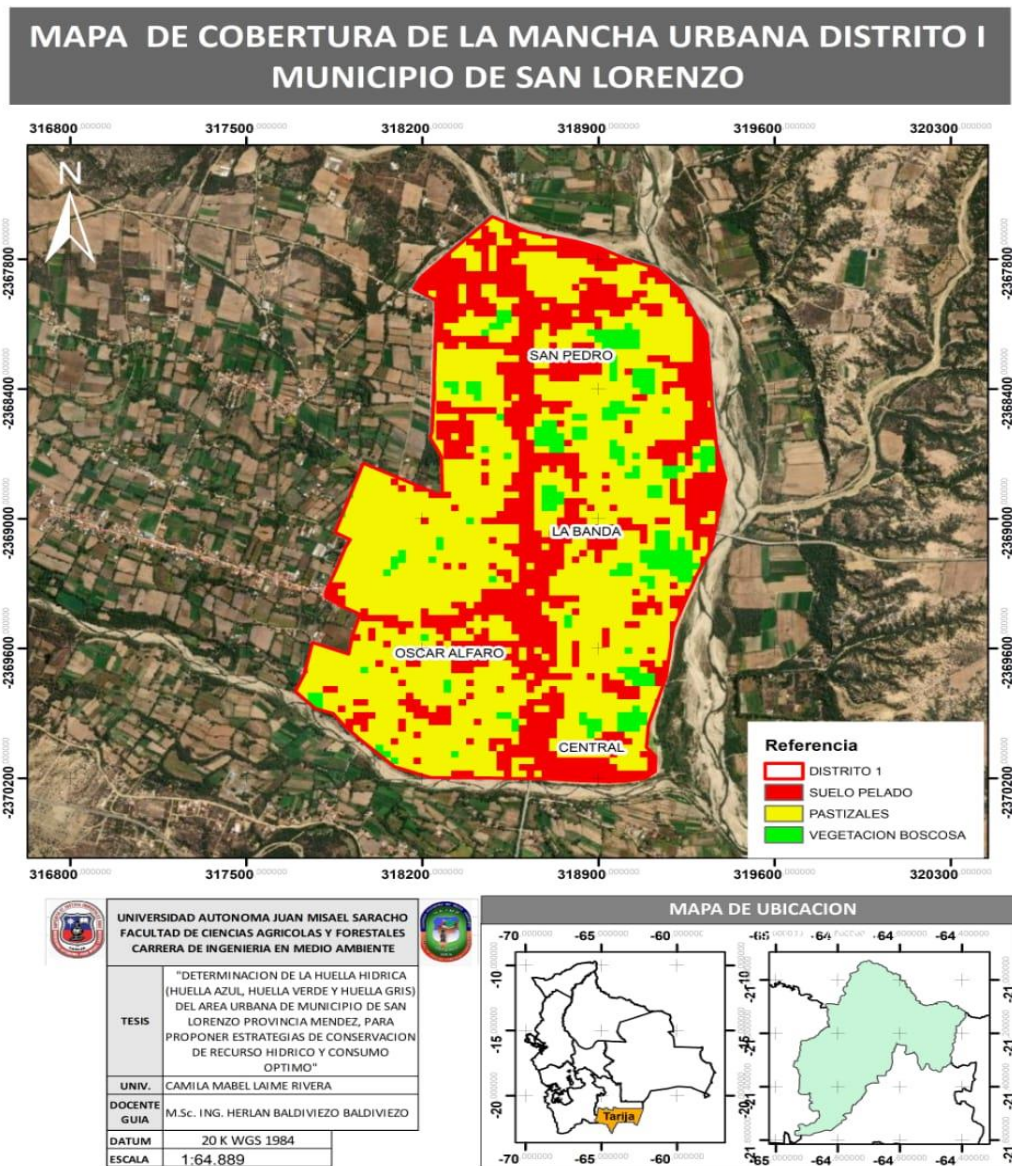
Información para la Estimación de la HH Verde

Para realizar la HH verde se tomó en cuenta los datos obtenidos, tomando en cuenta los datos obtenidos de la imagen N° 7 donde se observa como está distribuido la cobertura del Área Urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

La información obtenida a través del programa ArcGIS donde se basó en el plano de distribución por barrios del PTDI (Plan Territorial de Desarrollo Integral) del Municipio de San Lorenzo, donde se identifica las áreas verdes. Se usó el programa

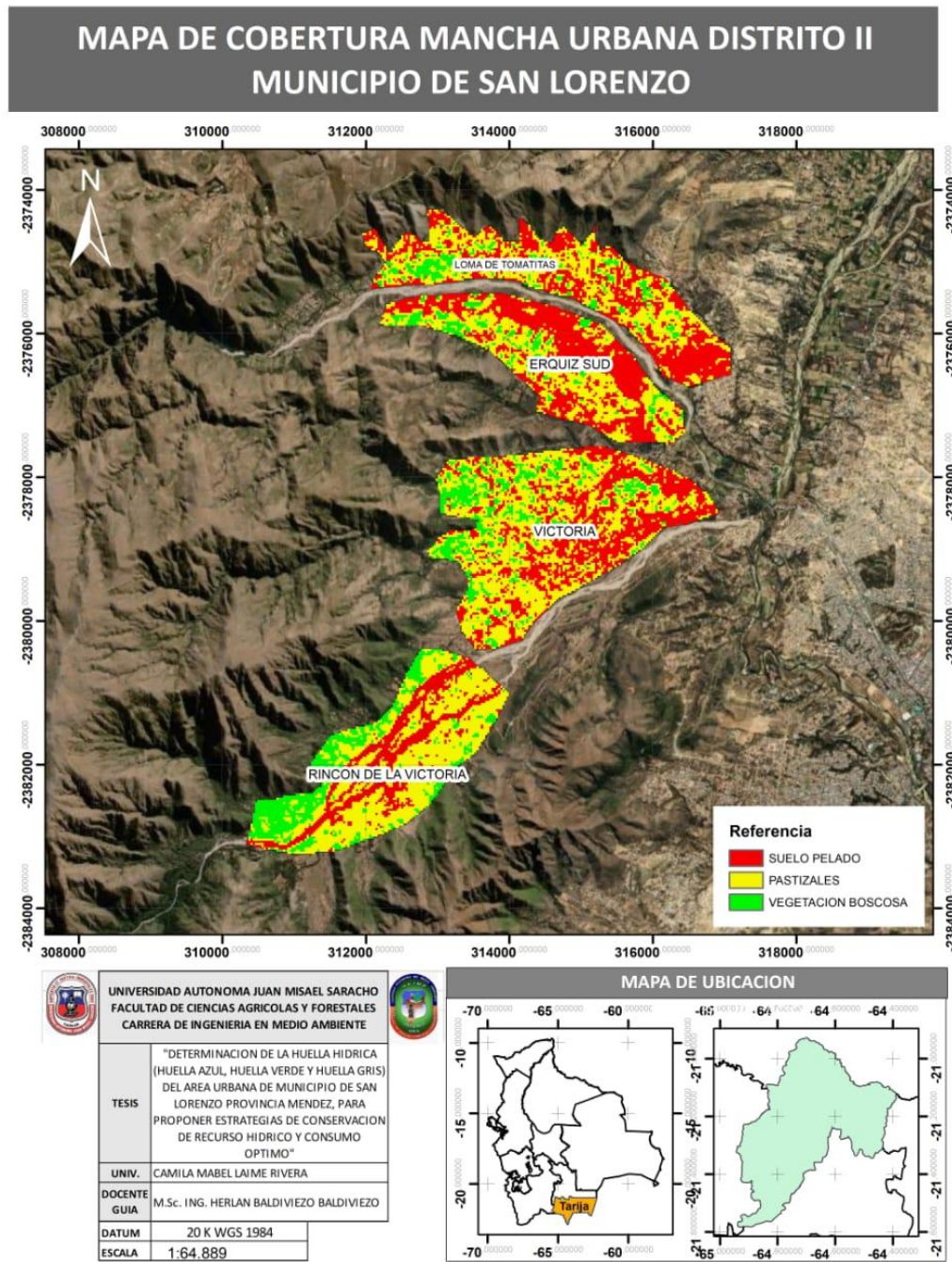
de ArcGIS ya que no se cuenta con datos concretos de la Cobertura Vegetal en CATASTRO, solo se obtuvo datos puntuales del mantenimiento de áreas verdes. Esta información es necesaria para la (ecuación 4b), de la HH verde posteriormente se manejará el programa ArcGIS.

Imagen N° 7 MAPA DE COBERTURA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DISTRITO I



Fuente: Elaboración Propia

Imagen N° 8 MAPA DE COBERTURA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DISTRITO II



Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta la información brindada por ambas entidades, el Arquitecto de CATASTRO y el responsable Técnico de Ornato Público Ingeniero Saúl Jerez Miranda, se pudo tener datos de lo siguiente:

Cuadro N° 7 MANTENIMIENTO DE LAS ÁREAS VERDES DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO PROVINCIA MÉNDEZ

Lugar	Superficie Total m ²	Superficie Área Verde m ²
Plaza Principal	1.161,62	496,94
Plaza Oscar Alfaro	575,99	81,39
Plaza Lino Morales	450,25	271,82
Monumento Cristo Rey	199,13	No se tiene el dato exacto

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la presentación del Cuadro N° 7 la información fue tomada del Municipio se tiene el dato que son alrededor de 8 hectáreas que se hacen mantenimiento, el encargado de Ortano Público el Ing. Saúl Jerez Miranda, indico que se riega los días lunes y viernes a veces hasta tres veces por semana, se usa solamente cisternas los horarios de riego son de 6:00 am a 8:00 am teniendo un periodo equivalente a 20.000 ℓ por día, se tiene como dato exacto que se usa 40.000 ℓ por semana para regar.

Cálculo de la Huella Hídrica Azul

Ecuación 2:

$$\text{HH Azul (Ec. 2a)} = \text{Afluente} - \text{Efluente}$$

Dónde:

- El afluente es el volumen de agua usada en la actividad evaluada, como aparece en la factura de servicios de agua potable
- El efluente es el volumen de agua calculada.

$$\text{HH Azul} = 646.620,48 \text{ m}^3/\text{mes} - 445.393,00 \text{ m}^3/\text{mes} = 201.227,48 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Convirtiendo a ℓ/s

$$\frac{646.620,48 \text{ m}^3}{\text{mes}} \times \frac{1000 \ell}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ d}} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 249,47 \ell/\text{s}$$

Convirtiendo a m³

$$\frac{249,47 \ell}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \ell} = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

Convirtiendo a consumo por día

$$\frac{0,25 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ d}} = 21.600 \text{ m}^3/\text{d}$$

Se obtuvo como resultado de la HH Azul por día en la población es de 21.600 m³ donde 249,47 ℓ/s son datos asociados a las actividades que se realizan a diario en cada familia del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

Los datos obtenidos están basados en una lectura de medidores de agua de las viviendas, mismo que tiene una dotación de agua en los tanques de almacenamiento de agua potable para luego ser aprovechado.

EPSA Mancomunaria Social Moto Méndez es una entidad encargada de fiscalizar el servicio de agua potable también encargada de los sistemas de ARU, lo que nos servirá de mucha ayuda para tener una información clara para este trabajo de investigación.

Finalmente, la HH Azul de un sector se puede cuantificar multiplicando la HH Azul per cápita determinada por la Water Footprint Network por la cantidad de habitantes en la población del Municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

Para este cálculo se tomó en cuenta el valor de 240 ℓ/día como per cápita según lo estimado por EMAGUA 2022.

Ecuación 3:

$$\text{HH Azul (Ec. 2b)} = \text{HH Azul per cápita} \times \text{N}^\circ \text{ de Habitantes}$$

$$\text{HH Azul} = 240 \frac{\ell}{\text{d}} \times 5999 \text{ h} = 1.439.760 \frac{\ell}{\text{d}}/\text{hab}$$

Convirtiendo a m³

$$1.439.760 \frac{\ell}{d} \times \frac{1m^3}{1000 \ell} = 1.439,76 \frac{m^3}{d}$$

En base a la Ecuación HH azul (2b) muestra que para una población de 5999 hab. (Tarija) que consumen al día 240 ℓ de agua su HH azul es de 1.439,76 m³/d.

Comparando la ecuación HH azul (2a), con la ecuación HH azul (2b) se puede apreciar que el resultado varía con una diferencia notable de 20.160,24 m³/d de agua azul.

Cálculo de la Huella Hídrica Gris

La ecuación de la HH Gris que se considera para todos los casos es:

Ecuación 4:

$$\mathbf{HH\ Gris} = \frac{V\ efl \times (C_{efl} - C_{nat})}{C_{max} - C_{nat}}$$

Dónde:

- Volefl.: Volumen del efluente
- Cefl: Concentración en el efluente en base al parámetro utilizado para la cuantificación
- Cnat.: Concentración natural libre de impactos antropogénicos del parámetro utilizado para la cuantificación.
- Cmax: Concentración máxima del parámetro utilizado para la cuantificación en el cuerpo receptor según la normativa ambiental

Reemplazando en la Ecuación para el DBO₅:

$$\mathbf{HH\ Gris} = \frac{27,4 \frac{\ell}{s} \times (232 \frac{mg}{\ell} - 183 \frac{mg}{\ell})}{80 \frac{mg}{\ell} - 183 \frac{mg}{\ell}}$$

$$\mathbf{HH\ Gris} = \frac{27,4 \frac{\ell}{s} \times 49 \frac{mg}{\ell}}{103 \frac{mg}{\ell}}$$

$$\mathbf{HH\ Gris} = 13,03 \ell/s$$

Convertido a m³/d

$$\frac{13,03 \ell}{s} \times \frac{86.400 s}{1 d} \times \frac{1 m^3}{1000 \ell} = 1.125,79 \frac{m^3}{d}$$

Convertido a m³/mes

$$1.125,79 \frac{m^3}{d} \times \frac{30 d}{1 mes} = 33.773,7 \frac{m^3}{mes}$$

Reemplazando en la Ecuación para la DQO:

$$\text{HH Gris} = \frac{27,4 \frac{\ell}{s} \times (312 \frac{mg}{\ell} - 214 \frac{mg}{\ell})}{250 \frac{mg}{\ell} - 214 \frac{mg}{\ell}}$$

$$\text{HH Gris} = \frac{27,4 \frac{\ell}{s} \times 98 \frac{mg}{\ell}}{36 \frac{mg}{\ell}}$$

$$\text{HH Gris} = 74,58 \ell/s$$

Convertido a m³/d

$$\frac{74,58 \ell}{s} \times \frac{86.400 s}{1 d} \times \frac{1 m^3}{1000 \ell} = 6.443,71 \frac{m^3}{d}$$

Convertido a m³/mes

$$6.443,71 \frac{m^3}{d} \times \frac{30 d}{1 mes} = 193.311,3 \frac{m^3}{mes}$$

Como resultado de DBO₅, se obtuvo que la HH Gris del área urbana del municipio de San Lorenzo es de 13,03 ℓ/s equivalente por día a 33773,7 m³.

En relación a la DQO, se sabe que respecto a la HH Gris es de 74,58 ℓ/s que por día sería 193.311,3 m³.

Es decir, las descargas de Aguas Grises de los Barrios que forman parte del área urbana donde se observa un porcentaje alto a comparación de las HH evaluadas en este estudio.

Cálculo de la Huella Hídrica Verde

Cálculo de mantenimiento de Áreas Verdes

Como resultado de la información que se obtuvo se tiene el volumen de agua usado es 40000 ℓ/semana.

Este dato se muestra de la siguiente manera:

$$\frac{40.000 \ell}{7 \text{ d}} \times \frac{30 \text{ d}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \ell} = 171,43 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\frac{171,43 \text{ m}^3}{\text{mes}} + \frac{40 \text{ m}^3}{\text{mes}} = 211,43 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Como dato total correspondiente a un mes de 211,43 m³ de agua para mantenimientos de las 8 hectáreas de áreas verde mencionadas anteriormente. Este resultado será parte de la sumatoria de la Huella Hídrica total debido a que es un uso directo del agua incluso de agua potable.

Cálculo de la Huella Hídrica

La Huella Hídrica es la suma de la HH evaluadas. Considerando los datos de la HH indirecta, y el mantenimiento de áreas verdes la ecuación sería la siguiente:

Ecuación 1:

$$\text{Huella Hídrica} = \text{HH azul} + \text{HH Gris} + \text{HH Verde}$$

Donde:

- **HH Azul:** 201.227,48 m³/mes
- **HH Gris:** 193.311,3 m³/mes
- **HH Verde:** 211,43 m³/mes (solo de mantenimiento de áreas verdes)

$$\text{Huella Hídrica} = 201.227,48 + 193.311,3 + 211,43$$

$$\text{Huella Hídrica} = 394.750,21 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Como resultado se obtuvo que en el municipio de San Lorenzo Provincia Méndez correspondiente a los 8 barrios del área urbana es de 394.750,21 m³/mes.

3.5.Resultado del análisis de la Sostenibilidad en función a los resultados obtenidos de la Huella Hídrica

El resultado de la sostenibilidad se realizará en base a la estimación de la HH azul y HH gris.

Análisis de la HH Azul

La sostenibilidad de la HH azul se realizará en la siguiente ecuación:

Ecuación 4:

$$\text{Sostenibilidad HH azul} = \frac{\sum \text{HH Azul}}{\text{Disponibilidad Natural}}$$

- Donde el resultado de la HH azul es de 21.600 m³/d
- La disponibilidad real del agua según PTDS MANSOC muestra que la disponibilidad natural del Rio Guadalquivir 17.280 m³/d. (EPSA, 2018-2020)

$$\text{Sostenibilidad HH azul} = \frac{21.600 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{17.280 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$\text{Sostenibilidad HH azul} = 1,25$$

Concluyendo con el resultado se tiene que la sostenibilidad de la HH azul es de 1,25 mayor a 1 entonces se concluye que el impacto ambiental en cuanto al consumo de agua es significativo como lo indica en el cuadro N° 3 de la metodología se sabe que cuando se mayor que 1 peor es la situación.

También se puede recomendar que el tiempo de estiaje es mejor para el análisis de la sostenibilidad del recurso hídrico, ya que se puede observar mejor, obtener puntos críticos y así saber cómo el consumo afecta la disponibilidad natural de agua en los periodos secos.

Este análisis es en base a la HH azul en las viviendas del área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez en sus 8 barrios y tomando en cuenta la disponibilidad natural del Rio Guadalquivir, información que fue recopilada de PTDS MANSOC. (EPSA, 2018-2020)

Análisis de Sostenibilidad Huella Hídrica Gris

La HH gris total de la ciudad, es la suma de las HH grises cuantificadas en los diferentes sectores de la misma. La sostenibilidad de la HH Gris, se cuantifica con el volumen de agua natural y la HH Gris total de la ciudad; este valor se denomina índice de contaminación hídrica.

Cálculo de Sostenibilidad HH gris

La sostenibilidad de la HH Hídrica se realizará en relación de la siguiente:

Ecuación 5:

$$\text{Sostenibilidad HH gris} = \frac{\sum \text{HH gris}}{\text{Disponibilidad real del agua en cuenca}}$$

- Como resultado de la HH gris es de 6.443,71 m³/día
- La disponibilidad real del agua según PTDS MANSOC indica que es 646.620,48 m³/día. (EPSA, 2018-2020)

$$\text{Sostenibilidad HH gris} = \frac{6.443,71 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{646.629,48 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$\text{Sostenibilidad HH gris} = 9,96$$

En relación al resultado que se obtuvo el índice de contaminación hídrica es de 9.96 siendo mucho mayor a 1 entonces se concluye que el impacto ambiental en cuanto al consumo de agua es significativo.

Comparando con la sostenibilidad de la HH azul el resultado es mayor resaltando también el hecho de que solo se trabajó con el área urbana del municipio de San Lorenzo no se englobó el área rural, si se hubiese tomado ese sector más aumentaría la HH gris, las aguas grises generadas por los habitantes del área urbana están conectadas a un sistema de alcantarillado y terminan en las aguas residuales.

Revisando el resultado de la sustentabilidad azul, indica que el resultado es significativo ya que la población no controla el uso respectivo de agua en la elaboración de este trabajo se observó que los habitantes de la población tienen un uso irracional del agua riegan sus plantas con agua potable entre otros, sin embargo en la sustentabilidad gris se evidencia claramente que son afectados siendo la problemática de contaminación del río alarmante debido que no cuenta con ningún tratamiento en estos puntos de descarga, que están en la zona urbana teniendo una salida de la PTAR directamente por los humedales sin previo tratamiento demostrando que no funciona de manera adecuada, se siente mal olor el agua no es incolora como debería ser ya que sale agua gris y tiene partículas en suspensión.

Analizando los resultados obtenidos es importante proponer estrategias para la optimización en el consumo del recurso hídrico.

3.6. Estrategias para la optimización en el consumo del recurso hídrico del área urbana del Municipio de San Lorenzo Provincia Méndez.

Las estrategias planteadas a continuación están en función a los resultados obtenidos de la huella hídrica y por los hábitos de consumo del recurso hídrico que se pudo observar en relación a las encuestas a los habitantes.

Estrategia N° 1 Charlas de Educación Ambiental en reducción de consumo de agua

Para reducir el consumo de agua como estrategia se debería concientizar, informar y realizar talleres donde puedan adquirir e intercambiar conocimientos que les permitan tomar conciencia sobre la necesidad de establecer mecanismos y sistemas que faciliten la posibilidad de disminuir la cantidad de agua utilizada con el fin de hacer uso racional y eficiente de la misma.

Tomando en cuenta que las charlas de educación ambiental debería ser un tema de responsabilidad de las autoridades en ejercicio.

La educación ambiental es el medio más efectivo que tenemos, para enfrentar esta problemática, para enfrentar los desafíos que involucra esta problemática a nivel mundial pero siempre hay que tomar en cuenta que el cambio empieza por uno mismo se toma como un reto importante y se recomienda a concientizar en los colegios desde temprana edad empezando desde nivel inicial y en su totalidad a todos los estudiantes porque tienen mayor obediencia y práctica del aprendizaje y también se toma en cuenta que ellos imparten sus conocimientos con sus padres.

Respecto a los colegios los profesores en este sentido deben ser más sensibles a la problemática del agua en todas sus dimensiones y brindar herramientas para comprender sobre todo en el ámbito local.

La educación Ambiental debería considerar sobre todo los siguientes objetivos:

- Ampliar los conocimientos
- Incentivar un mejor aprovechamiento
- Fomentar interés en la participación y mejora

Estrategia N° 2 Reutilización de las aguas utilizadas aprovechadas en las viviendas

La reutilización del agua en las viviendas se basa en el aprovechamiento y es el proceso que permite volver a utilizar el agua que ha tenido anteriormente un uso, en las principales actividades en que se gasta más el agua.

Teniendo conocimiento de en qué se gasta más el agua se aconseja lo siguiente:

- **Aprovechar el agua de la ducha**

Al entrar en la ducha es común dejar correr el agua hasta que alcanza la temperatura que deseamos en ese momento ya ocurre un gasto. Se recomienda colocar una bañera bajo el grifo para recoger el agua fría que además es potable y utilizarla después para lavar los patios o incluso usarla después del uso del baño.

- **Recoger aguas grises**

Las aguas grises las que restan cuando nos duchamos, lavamos ropa o lavamos los automóviles en caso de no usar productos químicos en dichas actividades se pueden usar sin problema en riego de jardines.

- **Poner platos en las macetas**

Esta acción nos permite reutilizar el agua de manera muy sencilla en el riego de plantas. Simplemente colocando un plato bajo las macetas podremos recoger el sobrante y emplearlo para regar otras plantas.

- **Lavado ecológico de automóviles**

Entidades como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) o el Banco Mundial, han realizado diferentes llamados de atención por el cambio climático y una de las recomendaciones en las que más se recalca es en el agua que se utiliza para lavar diferentes artículos de uso diario, como los automóviles.

Se recomienda manejar un lavado ecológico para los automóviles, que se puede realizar con productos que no inviertan mucha agua para mantenerlos limpios. La idea es prescindir de la manguera, y hacer uso de un balde con agua.

Estrategia N° 3 Captación del agua de lluvia para las viviendas para varios usos

La lluvia puede transformarse en agua útil de manera muy sencilla. Colocando cubetas en el exterior o junto a las canaletas y desagües se puede conseguir cantidades suficientes para regar las plantas, lavar los automóviles o lavar los patios.

Estrategia N° 4 Instalación de sistemas renovados de baño en las nuevas construcciones de viviendas

En relación a las encuestas realizadas se pudo observar que en la mayoría de las viviendas cuentan con baños y duchas de tipo común, en su mayoría no tienen conocimiento de que los sistemas actuales tienen menor cantidad de almacenamiento de agua y mayor presión.

Como estrategia se recomienda que en las futuras viviendas que están en construcción tomen en cuenta baños con tanques de doble descarga y duchas regulables, tomando así medidas de uso racional del agua.

- Los inodoros de tipo común, tienen una sola descarga de 10 litros y son los más vendidos en las ferreterías, ya que se ignora o no se tiene el conocimiento que los de doble descarga tienen alta eficiencia y un consumo más reducido de agua ya que tiene dos tipos de descarga; para sólidos con una descarga de 4.8 litros que al accionarlo libera toda el agua del tanque y para líquidos 3 litros.
- Se sabe que al bañarse 10 min se gastan entre 65 y 105 litros de agua, mientras que bañarse en 5 min entre los 3 y 52 litros, lo que nos demuestra que o tienen conocimiento que la ducha de tipo regulable consume menos agua por lo que la más utilizada es la de tipo común.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Con la realización del presente trabajo de investigación podemos sacar las siguientes conclusiones:

- El consumo de agua en el área urbana del municipio de San Lorenzo Provincia Méndez tiene un consumo de 445.393,00 m³/mes, cabe recalcar que el agua disponible dentro de este municipio es de 646.620,48 m³/mes y según cálculos existe una pérdida significativa de 201.227,48 m³/mes, donde las siguientes causas principales de estas pérdidas se deben a conexiones clandestinas, riego de parques y jardines, ruptura de tuberías en la distribución y pérdida en la planta de tratamiento entre otros.
- En relación al sistema que abastece de agua para consumo en el municipio de San Lorenzo Provincia Méndez muestra un sistema organizacional completo sin embargo realizando un análisis en las diferentes áreas de trabajo se observa que no cuentan con operarios capacitados para realizar ciertas tareas en las diferentes áreas, la mayoría de las actividades son realizadas por la secretaria del comité de Agua San Lorenzo por ser EPSA.
- Se realizó la descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales donde se observó que la problemática más grande se concluye que la contaminación del río es alarmante debido que no cuenta con ningún tratamiento en estos puntos de descarga que están en la zona urbana teniendo una salida de la PTAR directamente por los humedales sin previo tratamiento demostrando que no funciona de manera adecuada, se siente mal olor el agua no es incolora como debería ser ya que sale agua gris y tiene partículas en suspensión.
- En relación a la estimación de las HH evaluadas (HH verde, HH azul y HH gris) del área urbana del Municipio de San Lorenzo Provincia Méndez correspondiente a los 8 barrios se obtuvo que:

La HH azul es igual a 201.227,48 m³/mes teniendo un promedio de uso de agua potable, en relación de las encuestas realizadas a los habitantes se reflejó que la actividad en la que tienen mayor uso de agua está en un 52% en la limpieza y un 30% en la cocina.

Para la HH gris se tuvo 193.311,3 m³/mes donde estas aguas grises son vertidas conectados al sistema del alcantarillado y como no cuenta con ningún tratamiento teniendo una salida de la PTAR directamente por los humedales contaminando el río. Los resultados obtenidos a través de laboratorio de CEANID-TARIJA en base a los parámetros DBO₅ y DQO los datos obtenidos sobre pasan los Límites Máximos Permisibles (LMP), esto en base a la Ley 1333.

Cuadro N° 8 RESULTADOS OBTENIDOS DE DBO₅

Parámetro	Unidades	Puntos de muestreo	Época de estiaje	Época de lluvia	LMP
DBO ₅	mg/ℓ	P1	232	183	80
		P2	206	151	
		P3	183	154	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 9 RESULTADOS OBTENIDOS DE DQO

Parámetro	Unidades	Puntos de muestreo	Época de estiaje	Época de lluvia	LMP
DQO	mg/ℓ	P1	312	213	250
		P2	270	185	
		P3	214	182	

Fuente: Elaboración propia.

La HH verde fue calculado en base al programa ArcGIS teniendo un total de 211,43 m³/mes valor que fue enfocado tan solo al mantenimiento de áreas verdes, información que fue obtenida información brindada por ambas entidades, la principal fue facilitada por el Arquitecto de CATASTRO y después por responsable Técnico de Ornato Público Ingeniero Saúl Jerez Miranda.

- La sostenibilidad de las HH estimadas se puede concluir en lo siguiente:
Se concluye con el resultado que la sostenibilidad de la HH azul es de 1,25 mayor a 1 entonces se concluye que el impacto ambiental en cuanto al consumo de agua es significativo, a diferencia de la sostenibilidad de la HH gris se obtuvo el índice de contaminación hídrica es de 0,37 siendo menor a 1 indicando que no es significativo.
- Las estrategias planteadas fueron enfocadas en la conservación del recurso hídrico y consumo óptimo centrado en los 8 barrios del área urbana del Municipio de San Lorenzo:
Estrategia N° 1 Charlas de Educación Ambiental en reducción de consumo de agua
Estrategia N° 2 Reutilización de las aguas utilizadas aprovechadas en las viviendas
 - Aprovechar el agua de la ducha
 - Recoger aguas grises
 - Poner platos en las macetas
 - No tirar el agua de las ollas
 - Lavado ecológico de automóviles
Estrategia N° 3 Captación del agua de lluvia para las viviendas para varios usos
Estrategia N° 4 Instalación de sistemas renovados de baño en las nuevas construcciones de viviendas.
- Es de vital importancia el calcular la huella hídrica ya que establece una relación entre los sistemas hídricos y el consumo humano, es muy útil para concientizar a la sociedad demostrando su relevancia de hacer un uso sostenible del recurso hídrico.
- La hipótesis propuesta resultó verdadera debido a que la estimación del consumo de agua en las diferentes actividades que se dan en el área urbana del Municipio de San Lorenzo, aplicando la Huella Hídrica (huella azul, huella verde y huella

gris), si tuvo resultados favorables permitiendo así proponer estrategias para la conservación del recurso hídrico.

4.2.RECOMENDACIONES

Concluido este trabajo de investigación se brinda las siguientes recomendaciones:

- Para no tener pérdidas tan significativas de agua potable como por ejemplo 201227.48 m³/mes; se recomienda al EPSA Mancomunaría Social Moto Méndez, hacer un monitoreo de los posibles puntos donde se tiene fugas de agua, (conexiones clandestinas, ruptura de tuberías, perdida en la planta de tratamiento, entre otros) y darle solución al problema cambiando los accesorios que están obsoletos por nuevos, dando seguimiento a la red de distribución y de esta manera evitar estas pérdidas de agua de consumo y mejorar el aprovechamiento por parte de la población.
- Se sugiere a los responsables del EPSA Mancomunaría Social Moto Méndez gestionar nuevos ítems para operarios y de esta manera se pueda alcanzar un funcionamiento óptimo de las Plantas de Tratamiento de agua potable y agua residual, para evitar pérdidas de agua de consumo y también disminuir los contaminantes en las descargas hacia los afluentes.
- Se recomienda que se haga un diagnostico general de los tipos de baño y duchas que poseen los usuarios, para la implementación de sistemas renovados de los mismos, como una estrategia de vital importancia para reducir la huella hídrica.
- Difundir la importancia que tiene este tipo de estudios del cálculo de la huella hídrica para de esta manera concientizar y educar a la población sobre el consumo racional del agua disminuyendo así la huella hídrica.
- Se recomienda realizar monitoreos periódicos de control de la calidad del agua que sale de la Planta de Tratamiento de Agua Potable con la finalidad de verificar si la calidad de agua en distribución es apta para el consumo humano.
- Se sugiere a las autoridades competentes municipales darle una solución al funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para que esta sea

eficiente y auto sostenible, con la finalidad de que el agua que sale de la planta esté dentro de los LMP establecidos por la ley 1333 en su Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica y de esta manera cumpla con alguna categoría que garantice darle un posterior uso (riego agrícola, áreas verdes).