

CAPÍTULO I
FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES.

Chapagain y Hoekstra (2004), estiman que el valor de la huella hidrológica total de la humanidad es de 7500 km³ /año, cuyo aumento se debe principalmente al uso de agua para fines domésticos y urbanos y elaboración de productos industriales; sin embargo señalan que el agua precipitada en la tierra es del orden de 115000 km³ , es decir desde un punto de vista global las necesidades de agua azul y verde de la humanidad quedan por debajo del 10% de las precipitaciones anuales, sin embargo el uso inadecuado permite la escasez del mismo en muchas regiones del mundo.

En el periodo 1996-2005, América Latina presentó grandes contrastes. Argentina y Brasil fueron los grandes exportadores de agua virtual de la región, ocupando el segundo y quinto lugar en el mundo respectivamente. México fue el principal importador de agua virtual de la región, ocupando el segundo lugar en el mundo. Otros países de la región que tienen una dependencia hídrica superior al promedio global son: Chile, Costa Rica, El Salvador, Panamá, Perú, República Dominicana y Venezuela. En cuanto a la huella hídrica del consumo nacional, la región concentró el 10.5% de la huella hídrica global con el 8.2% de la población mundial. El volumen correspondiente a Brasil y a México equivalió al 6.5% de la huella hídrica global. Por lo que respecta a la huella hídrica del consumo nacional per cápita, la huella hídrica de la región fue 29% superior a la global. (Huella de Agua (ISO 14046) en América Latina. Análisis y recomendaciones para una coherencia regional).

El Proyecto Huella de Ciudades: evaluación de resultados de Huella de Carbono y Huella Hídrica en 11 ciudades de Latinoamérica donde los resultados del análisis por tipo de Huella muestran que la Huella Hídrica Gris representa un mayor porcentaje en todos los gobiernos municipales de las ciudades evaluadas, con un 93% del total, y la HH Azul aportando 7%. El análisis en las ciudades por sector refleja que el sector residencial representa en promedio 89% de la Huella Hídrica total de las ciudades, seguido de industrial con 5%, comercial con 4% y público 2%. Al mismo tiempo, en promedio 96% de la Huella por tipo es Gris, seguida de 3% Azul y 1% Verde.

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

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

La HH total directa del GAMT fue de 495.994 m³ en la gestión 2015, compuesta en 69 % por la HH gris y 31 % azul. Este resultado muestra que, por cada litro de agua facturada consumida en predios del Gobierno municipal, se requieren 2,56 litros para asimilar la carga contaminante producto de su uso. El análisis por tipo de huella y niveles muestra que el 23 % de la HH del GAMT corresponde al nivel central, y 77 % al nivel de unidades descentralizadas.

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

Según lo expuesto por Monzón 2021, se obtienen datos del consumo de agua.

Donde los datos muestran que un 67% consume una cantidad mayor a 8mil litros de agua, un 26% consume de 5-8 mil litros de Agua y el 7% restante que consume entre 2-5mil litros de Agua al mes.

Estos datos solo son estimaciones debido a que en el municipio de Entre Ríos no se cuenta con medidores de Agua y es difícil poder obtener un dato exacto de consumo.

Calculo de Consumo: 2254,5 m³ y una media de (7,625m³), lo que significa que cada persona gasta al día 63,54 L.

1.2.MARCO CONCEPTUAL

1.2.1. Agua.

El agua como sustancia química está compuesta por Hidrogeno y Oxigeno, con la formula H₂O. Es una sustancia abundante en el planeta tierra, existiendo en varios estados de la materia como distribuida en varios lugares del planeta, principalmente en los océanos y capas polares, pero también en nubes lluvias, ríos y arroyos.

Es fundamental para todas las formas de vida conocidas. Los recursos naturales se han vuelto escasos con la creciente población mundial y su disposición en varias regiones habitadas, es la preocupación de muchas organizaciones gubernamentales.

El agua es la única sustancia que se encuentra en la Tierra en los tres estados materiales (sólido, líquido y gaseoso). El punto de ebullición del agua a nivel del mar es de 100°C, y su punto de congelación es de 0°C. La densidad del agua es 1g/ml, y la densidad del agua sólida es menor a la del agua líquida, 0,97 g/ml. El agua ocupa tres cuartas partes de la tierra. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

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 (I_{eff}, 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). *Ibíd.* pág. 25

1.2.4. Agua gris.

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

1.2.5. Agua virtual

Su objetivo es determinar el agua incorporada a productos agrícolas u otros productos a lo largo del ciclo de vida. Como metodología promueve el análisis de las importaciones y exportaciones de productos "caros en agua", fabricados en los países con excedentes de agua y animando a su importación en los países que padecen estrés hídrico, con base en el uso evaporativo del recurso hídrico (Allan, 1998)

1.2.6. Huella Directa

Es el volumen de agua dulce consumida, utilizada y contaminada de manera directa por las actividades diarias que realizamos, más el volumen de agua utilizada en la producción de los bienes y servicios que consumimos (huella de ciudades).

1.2.7. Huella Indirecta

Se refiere al volumen de agua utilizada y contaminada en toda la cadena de producción de un producto, es decir el agua que se involucra detrás de un producto o servicio. (huella ciudades).

1.2.8. Huella de agua

Métrica o métricas basadas en un análisis de ciclo de vida con las que se cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua (ISO 14046:2014, subcláusula 3.3.1).

1.2.9. 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 incorporen 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. (Chapagain, 2008)

1.2.10. 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

1.2.11. 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).

1.2.12. 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 (Conagua, 2015).

1.3. MARCO TEORICO.

1.3.1. Calidad de agua

La calidad de las aguas se expresa mediante la caracterización de los elementos y compuestos presentes, en solución o en suspensión, que desvirtúan la composición original. La calidad del agua debe considerarse en la fuente y en los sistemas de agua potable. (NB 689)

1.3.2. Agua

El agua como sustancia química está compuesta por Hidrogeno y Oxigeno, con la formula H_2O . Es una sustancia abundante en el planeta tierra, existiendo en varios estados de la materia como distribuida en varios lugares del planeta, principalmente en los océanos y capas polares, pero también en nubes lluvias, ríos y arroyos.

Es fundamental para todas las formas de vida conocidas. Los recursos naturales se han vuelto escasos con la creciente población mundial y su disposición en varias regiones habitadas, es la preocupación de muchas organizaciones gubernamentales.

El agua es la única sustancia que se encuentra en la Tierra en los tres estados materiales (sólido, líquido y gaseoso). El punto de ebullición del agua a nivel del mar es de $100^{\circ}C$, y su punto de congelación es de $0^{\circ}C$. La densidad del agua es $1g/ml$, y la densidad del agua sólida es menor a la del agua líquida, $0,97 g/ml$. El agua ocupa tres cuartas partes de la tierra. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

1.3.3. Huella Hídrica

La huella hídrica se instituye como un índice multidimensional de asimilación de los recursos hidrológicos, puede expresarse como la medida integral de agua dulce usada para producir los bienes y servicios, es un indicador de uso de agua en el que contabiliza tanto el uso directo como indirecto de los consumidores o productores.

Mediante esta herramienta se puede establecer un diagnóstico de afectación de los recursos hídricos que es una pauta para el desarrollo de destrezas de optimización y reducción de los impactos ambientales generados (Padrillo, 2018).

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 (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, Mekonnen, 2011).

1.3.4. 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 atmósfera 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).

1.3.5. 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).

1.3.6. 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).

1.3.7. 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 éste en distritos, macrodistritos, 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).

1.3.8. 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)

1.3.9. 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).

1.3.10. 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.

1.3.11. 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).

1.3.12. Distribución y disponibilidad del agua

La disponibilidad de agua promedio en el mundo es de aproximadamente 1400 millones de kilómetros cúbicos (km³). De éste total, la mayor parte (97,5%) forma parte del océano y solo el 2,5%, es decir, 35 millones de km³, es agua dulce; de esta cantidad el 68,7% no está disponible para uso humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, casquetes polares o nieve, sin embargo, muchos de los glaciares continentales, así como el hielo y las nieves perpetuas de volcanes y cadenas montañosas constituyen una fuente importante de recursos hídricos para muchos países. Del agua dulce existente en el planeta 30,1% corresponde a agua subterránea, 0,8 Permafrost¹ y sólo el 0,4% a aguas superficiales y en la atmósfera (PNUMA, 2007)

1.3.13. Escasez del agua

(FAO, 2013) definió 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).

1.3.14. 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).

1.3.15. 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 20. Numeral II. Es responsabilidad de todos los niveles de Estado la Provisión de servicios Básicos.

Artículo 241. Numeral III. Ejercerá control social a la calidad de los servicios públicos.

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.

CAPÍTULO QUINTO

RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 373. I. El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo.

II. Los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos, vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros y autorizaciones conforme a Ley.

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 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.

Artículo 376. Los recursos hídricos de los ríos, lagos y lagunas que conforman las cuencas hidrográficas, por su potencialidad, por la variedad de recursos naturales que contienen y por ser parte fundamental de los ecosistemas, se consideran recursos estratégicos para el desarrollo y la soberanía boliviana. El Estado evitará acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasionen daños a los ecosistemas o disminuyan los caudales, preservará el estado natural y velará por el desarrollo y bienestar de la población. 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

ARTICULO 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.

ARTICULO 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.

ARTICULO 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.

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. Ley marco de la madre tierra y desarrollo integral para vivir bien
Ley 0300 15/10/2012**

CAPÍTULO I

BASES Y ORIENTACIONES

Artículo 27. (AGUA). Las bases y orientaciones del Vivir Bien a través del desarrollo integral en agua son:

1. Garantizar el derecho al agua para la vida, priorizando su uso, acceso y aprovechamiento como recurso estratégico en cantidad y calidad suficiente para satisfacer de forma integral e indistinta la conservación de los sistemas de vida, la satisfacción de las necesidades domésticas de las personas y los procesos productivos para garantizar la soberanía y seguridad alimentaria.
2. Toda actividad industrial y extractiva, que implique el aprovechamiento del agua según corresponda, debe implementar, entre otros, dinámicas extractivas y de transformación adecuadas que incluyen plantas y/o procesos de tratamiento que minimicen los efectos de la contaminación, así como la regulación de la descarga de desechos tóxicos a las fuentes de agua. Los pequeños productores mineros, cooperativas mineras y empresas comunitarias, desarrollarán estas acciones conjuntamente con el Estado Plurinacional de Bolivia.
3. El agua en todos su ciclos hídricos y estados, superficiales y subterráneos, así como sus servicios, no podrán ser objeto de apropiaciones privadas ni ser mercantilizados. El acceso al agua estará sujeto a un régimen de licencia, registros y autorizaciones conforme a Ley del Agua específica.

4. Regular, proteger y planificar el uso, acceso y aprovechamiento adecuado, racional y sustentable de los componentes hídricos, con participación social, estableciendo prioridades para el uso del agua potable para el consumo humano.
5. Regular, monitorear y fiscalizar los parámetros y niveles de la calidad de agua.
6. Promover el aprovechamiento y uso sustentable del agua para la producción de alimentos de acuerdo a las prioridades y potencialidades productivas de las diferentes zonas.
7. Garantizar la conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciales, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras, priorizando el uso del agua para la vida.
8. Promover el aprovechamiento de los recursos hídricos de los ríos, lagos y lagunas que conforman las cuencas hidrográficas, considerados recursos estratégicos por su potencialidad, por la variedad de recursos naturales que contienen y por ser parte fundamental de los ecosistemas, para el desarrollo y la soberanía boliviana.
9. Regular y desarrollar planes interinstitucionales de conservación y manejo sustentable de las cuencas hidrográficas, bajo parámetros y lineamientos emitidos por el nivel central del Estado Plurinacional de Bolivia, de acuerdo a lo establecido en la Constitución Política del Estado, destinados a garantizar la soberanía con seguridad alimentaria y los servicios básicos y la conservación de los sistemas de vida, en el marco de las normas y procedimientos propios de los pueblos indígena originario campesinos, comunidades interculturales y afrobolivianas, conforme a Ley.
10. Desarrollar planes de gestión integral de las aguas en beneficio del pueblo y resguardar de forma permanente las aguas fronterizas y transfronterizas, para la conservación de la riqueza hídrica que contribuirá a la integración y salud de los pueblos.
11. Adoptar, innovar y desarrollar prácticas y tecnologías para el uso eficiente, la captación, almacenamiento, reciclaje y tratamiento de agua.

12. Desarrollar políticas para el cuidado y protección de las cabeceras de cuenca, fuentes de agua, reservorios y otras, que se encuentran afectados por el cambio climático, la ampliación de la frontera agrícola o los asentamientos humanos no planificados y otros.

13. El aprovechamiento del agua para uso industrial estará sujeto a una regulación específica a ser determinada por la autoridad nacional competente, cuyos beneficios, cuando corresponda, serán invertidos en proyectos locales de desarrollo integral.

1.4.5. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

CAPITULO I

DEL OBJETO Y AMBITO DE APLICACIÓN

ARTICULO 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.

ARTICULO 2°.

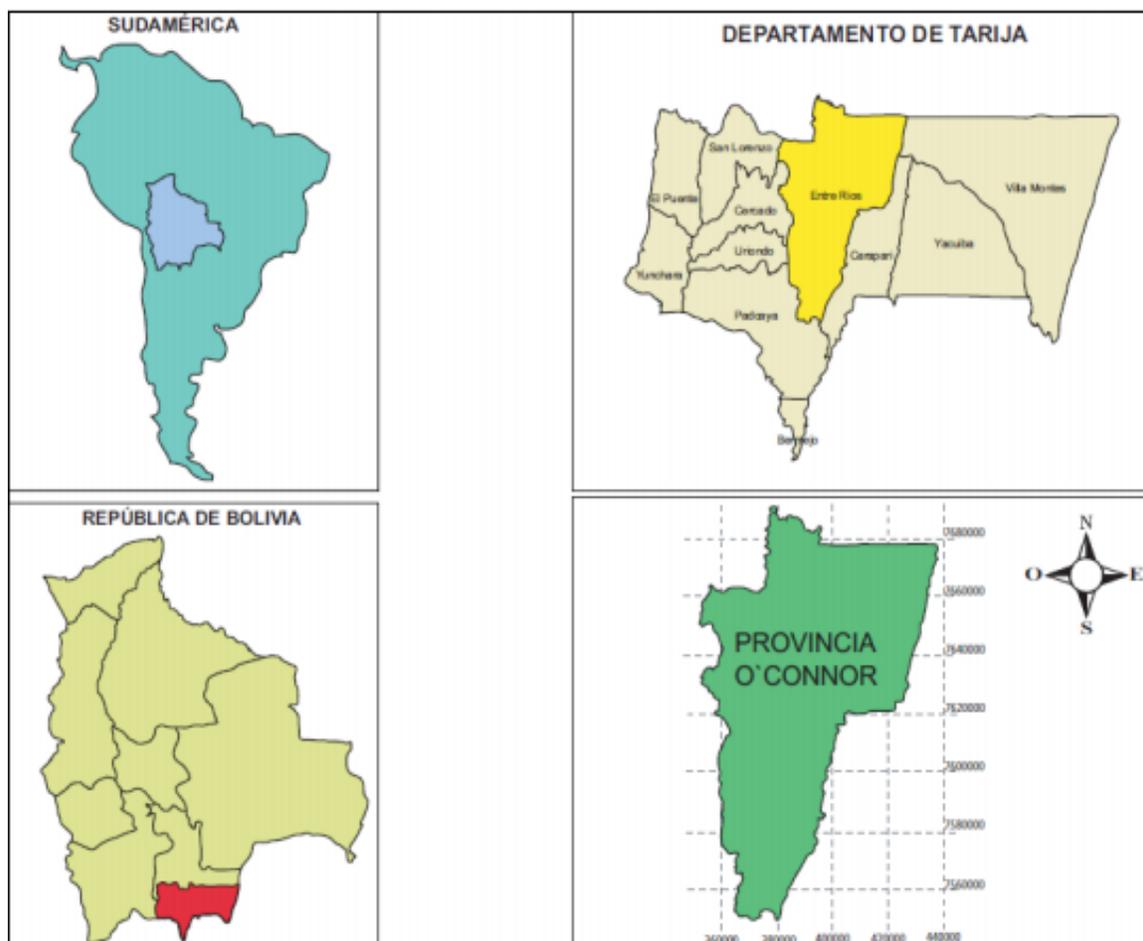
El presente reglamento se aplicará a toda persona natural o colectiva, pública o privada, cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domésticas, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en el País de Bolivia que está situado en la zona Central de América del Sur, con una superficie de 1.098.581 m², entre los meridianos 57°26´ y 69°38´ de longitud Occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos 9°38´ 22°53´ de Latitud Sur.

Imagen 1. Mapa Ubicación de Bolivia y Tarija



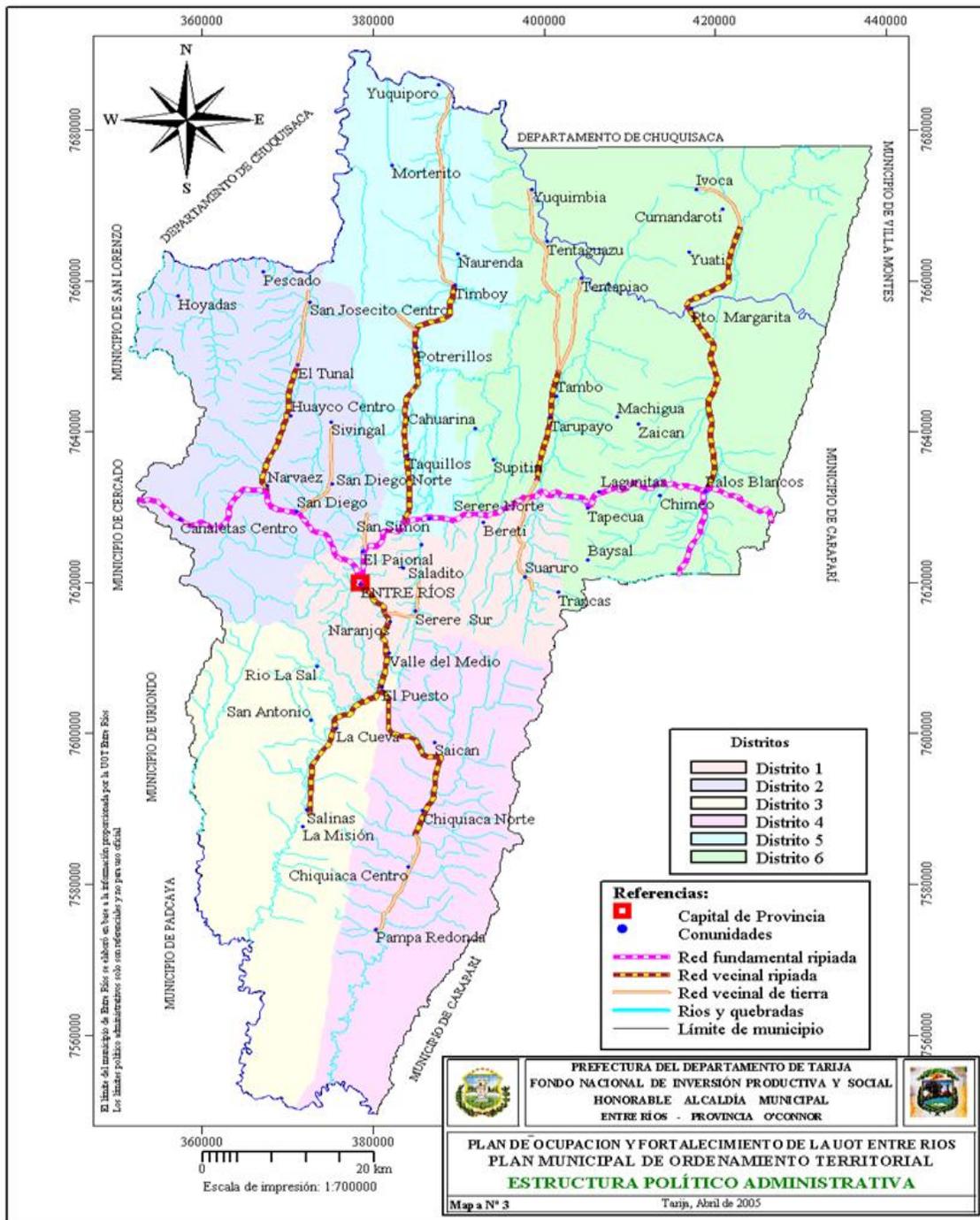
Fuente: Plan de Desarrollo Municipal (PDM)

2.1.1 Ubicación

El Municipio de Entre Ríos, está ubicado en la parte central del Departamento de Tarija, limitando al norte con el Departamento de Chuquisaca, al Sud y al Este con la Provincia

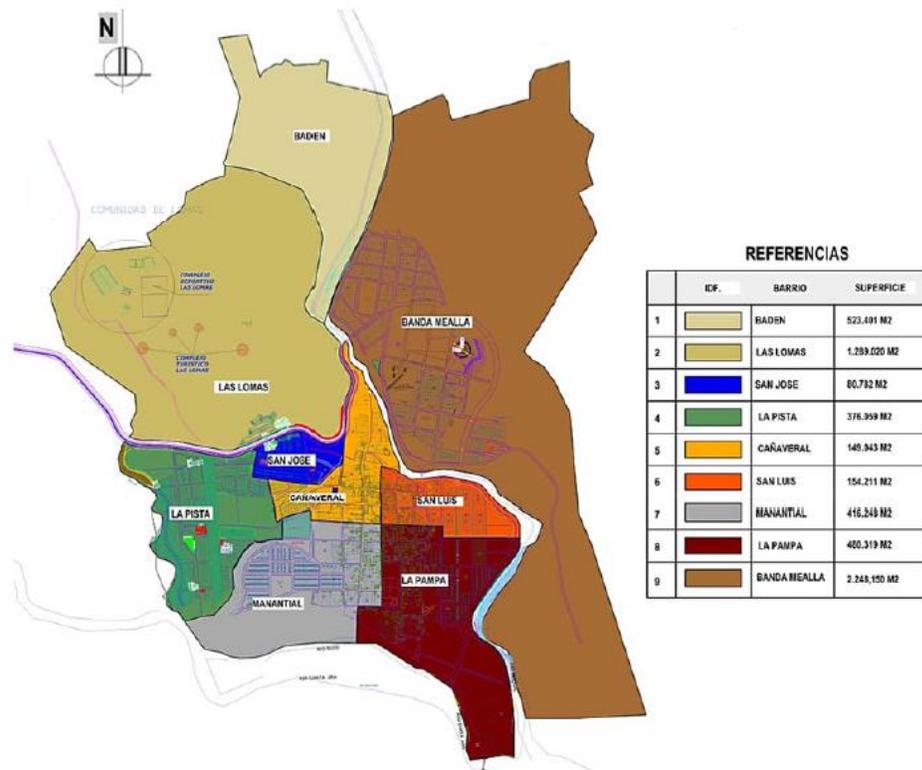
Gran Chaco, al Oeste con la Provincia Cercado, hacia el Noroeste con la Provincia Méndez y hacia el Sudoeste con las Provincias Avilés y Arce.

Imagen 2. Mapa Ubicación de la Provincia O'Connor



Fuente: Educa-Geografía

Imagen 3. Plano Urbano Distribuidos por Barrios



Fuente: Diagnostico del Plan de Desarrollo Municipal de Entre ríos.

2.1.2. Macro Localización

El Departamento de Tarija se encuentra ubicado en el extremo sur de Bolivia, siendo sus límites, al Sud con la República de Argentina, al Este con la República del Paraguay al norte con el departamento de Chuquisaca y al oeste con los departamentos de Potosí y Chuquisaca. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 20° 50' de latitud Sud y los meridianos 62° 15' de longitud Oeste y con una superficie de 37.623 Km².

La división Política del departamento de Tarija está organizada por seis provincias: Méndez, Cercado, Avilés, O'Connor, Arce y Gran Chaco, once secciones y ochenta y dos cantones. Administrativamente cuenta con una Gobernación Departamental, seis Subgobernaciones, cinco Corregimientos y once Gobiernos Municipales. El

departamento se divide en cuatro zonas fisiográficas: la montañosa, el valle central, el sub andino y la llanura chaqueña.

El área de estudio está ubicada, en la Provincia O'Connor que consta de una Sección Municipal que es Entre Ríos y tiene once cantones con una superficie de 6.406 Km².

2.1.3. Micro Localización

El Municipio de Entre Ríos geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas 20° 51' 57'' y 21° 56' 51'' de latitud sud, 63° 40' 23'' y 64° 25' 6'' de longitud oeste, en la parte central del Departamento de Tarija, consta de 8 barrios.

2.1.4. Características Físico Biológicas

❖ Clima:

De manera general el municipio de Entre Ríos presenta un clima templado cálido-húmedo en primavera y verano en tanto que en otoño e invierno templado-seco.

❖ Temperaturas:

La temperatura media anual es de 19 °C, en verano 22,5 °C y en invierno de 14,7 °C. Con máximas que superan los 40,9 °C y mínimas extremas que bajan hasta -7,2 °C.

Las temperaturas máximas tienen una diferencia de 0.8 °C, en tanto que las temperaturas promedio tienen una diferencia de 0.3°C. Es importante resaltar que la diferencia de temperatura entre la zona de Salinas que comprendería el D-3 y D-4 respecto al Pajonal (D-1) es de 0.3°C, con seguridad hacia el D-2 la diferencia se acentúa.

Por otra parte, podemos afirmar que la temperatura máxima promedio se presenta en los meses de septiembre 38,8 y octubre 38,4, mientras que las temperaturas más bajas en promedio fueron alcanzadas en los meses de julio -5,8 °C y agosto -4.1; teniendo una temperatura promedio registrada de 19 °C.

❖ Precipitaciones:

La precipitación anual alcanza a 1.314 mm en Salinas y baja hasta 674.8 mm en Palos Blancos. Se puede observar una marcada estacionalidad en la precipitación pluvial, ya que de noviembre a abril se acumula el 82% de la precipitación total. La precipitación pluvial histórica alcanzó a 1.066 mm; y la humedad relativa en promedio registra un promedio de 69.5%, llegando a un máximo promedio de 77% en época de lluvia y 62% en época seca.

La precipitación varía enormemente por distritos: en el D-3 y D-4 se produce la mayor precipitación anual con 1.314 mm, le sigue el D-2 con 1.150 mm, luego el D-1 con 1.125 mm, posteriormente el D-5 con 912.4 mm y finalmente el D-6 con tan sólo 674.8 mm. Las lluvias predominan del Sur y Sureste, por consiguiente, la humedad varía también por distritos. El número de días con lluvia alcanza a un promedio de 102, la máxima precipitación pluvial en 24 horas se da en el mes de enero con 131 mm.

❖ Vientos:

En la provincia O'Connor los vientos tienen mayor presencia durante los meses de agosto a noviembre con un rango de 7.6 a 10.3 km/hora, el resto del año las velocidades tan sólo alcanzan a 4.4 a 6.6 km/hora. El promedio es de 6.3 km/hora. Estos vientos corren hacia el norte, en cambio los surazos tienen una dirección de Sureste a Noreste. Los vientos que se presentan durante los meses de enero y febrero pueden tener efectos negativos sobre los cultivos, ya que pueden llegar a ocasionar el acame de los mismos, con la consiguiente disminución de sus rendimientos.

❖ Heladas:

También se trata de un fenómeno negativo que afecta principalmente a la producción agrícola. Se presenta con mayor intensidad en los meses de mayo a septiembre, perjudicando a los cultivos que se encuentran en pleno desarrollo. Son como promedio 7 días de helada en un año.

❖ Caudales:

El aporte del caudal de los ríos está directamente relacionado con la variación de la precipitación pluvial, área de recarga de la cuenca, el mismo que se halla condicionado por la composición geológica del terreno. Los ríos de la provincia presentan crecidas máximas durante los meses de enero y febrero, con una leve disminución progresiva hasta los meses de abril y mayo, a partir de donde se inicia la curva de agotamiento hasta los meses de septiembre a octubre punto crítico o de mínima.

Fuente: (PDM Entre Ríos).

2.2. MATERIALES

2.2.1. Materiales de campo

- Libreta de campo
- Tablero
- Equipo de protección personal
- Encuestas
- Barbijo

2.2.2. Materiales de Aforo de Caudales

- Flexómetro
- Regla de 30 cm
- Flotador
- Libreta de notas
- Cronometro
- Valde de 10 Lt.
- Guantes de latex
- Barbijo

2.2.3. Materiales de Toma de Muestras

- Balde de 10 litros
- Guantes de Látex
- Envase de 2 litros (botellas PET)

- Jarra Plástica
- Conservadora
- Barbijo
- Etiquetas

2.2.4. Materiales de Gabinete

- Computadora
- Impresora
- Material de escritorio
- USB
- Calculadora científica

2.3. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación que se realizará en este documento es de carácter descriptivo, cuantitativo y analítico.

2.3.1. Método Analítica y Cuantitativa

Tiene como propósito fundamental el de analizar y cuantificar un hecho, evento para comprenderlo en término de sus aspectos y componentes, (Según Avendaño O. Ramiro A, 2008).

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. (Sampieri, 2014)

Con datos que se recopilaron del Plan de Desarrollo Municipal (PDM), Instituto Nacional de Estadística (INE), consultas a los Técnicos del GAMER, aforo de caudales de ARU y las encuestas realizadas en el sector residencial, donde se realizó los

diferentes cálculos y un análisis de los resultados, para tener un conocimiento de los diferentes consumos en las viviendas de la población de Entre Ríos.

2.3.2. Método Descriptivo

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y 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. (Sampieri, 2014)

La medición de caudales de aguas residuales y la toma de muestras permitirá conocer los puntos de descargas y así el volumen del mismo para la estimación de la Huella Hídrica gris. Esta información es necesaria porque no se cuentan con datos en el GAMER sobre las descargas de las ARU conectadas al alcantarillado público vertidas directamente a los ríos.

2.4. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

Para llevar una mejor investigación de campo se utilizó las siguientes técnicas de Investigación:

- Encuestas estructuras y semi estructuradas
- Observación directa
- Consultas informáticas

2.4.1. Encuesta estructurada

Es la herramienta principal de algunos de los tipos de entrevista por la cual se recolecta la información de los encuestados a través de diferentes mecanismos persuasivos hacia los mismos. Es el tipo de encuesta que está previamente elaborada y tiene unos parámetros fijos y que no cambian con el tiempo, así mismo las preguntas mantienen un orden específico y son meramente de tipo cerradas. (Véase anexo N°1).

2.4.2. Encuesta Semiestructurada

Una entrevista semiestructurada es un tipo de entrevista en el que el entrevistador tiene un esquema fijo de preguntas para todos los candidatos, pero también hay ciertas preguntas específicas que se realizan únicamente a uno o varios candidatos; es decir, todas las personas tendrán que responder unas preguntas comunes, pero hay unas preguntas específicas para cada candidato según su perfil. (Véase anexo N°1).

2.4.3. 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 Entre Ríos.

2.4.4. Consultas Informales.

Consiste en la recopilación de Información de las Fuentes Secundarias que pueden ser información sintetizada y organizada por otros investigadores o por instituciones Oficiales, se utilizan cuando no es posible contar con información primaria por no tener recursos limitados o por contar con información oficial fiable.

Se recopiló información de recaudación de Impuestos, para obtención de los usuarios que cuentan con el servicio de agua, también se consultó información a la secretaria de obras públicas y servicios básicos del GAMER, también fue necesario estudios de Tesis de la Carrera de Medio Ambiente para comparación de datos.

2.5. INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se consideró para poder llevar adelante la presente investigación son los siguientes:

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

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

Para obtener la información necesaria del trabajo de investigación se tomó en cuenta varias herramientas sencillas de utilizar, como el uso del internet, informes, documentos, tesis como otros. También se tomará en cuenta la documentación de instituciones como ser, GAMER (Gobierno Autónomo Municipal De Entre Ríos), etc.

2.5.2. Trabajo de campo (visitas, cuestionario de encuesta, etc.)

La investigación de campo es la recopilación de datos nuevos de fuentes primarias para un propósito específico. El trabajo de campo es comprobar la hipótesis o responder a la pregunta de investigación para poder cumplir con el objetivo general de la investigación. Es un método cualitativo de recolección de datos encaminado a comprender, observar e interactuar con las personas en su entorno natural. En la investigación de campo es un término general que incluye un sinnúmero 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 los domicilios de los distintos barrios del área urbana de Entre Ríos, así también el aforo de caudales de las aguas residuales y la toma de muestras en los distintos puntos de descargas, se trabajó con programas software ArcGIS, Climwat, Cropwat para la estimación de la HH verde. Todo esto fue necesario para obtención de nuevos datos.

2.6. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

El presente trabajo de investigación se dividirá en 3 fases: fase de gabinete, fase de campo, fase de post campo.

2.6.1. Fase de gabinete

a) Recopilación de la información primaria

Es la recopilación de información directa de datos la cual se tiene diversas técnicas: encuestas, consultas informales, y las entrevistas. En la presente investigación se pretende recabar información primaria, asistiendo a domicilios del área urbana de la ciudad, para ver cómo la población siendo los actores principales, estarían aprovechando el agua que se les dota. Y se realizará la técnica de las encuestas para poder conocer las características del consumo de agua que tiene el área urbana de la población de Entre Ríos.

b) Recopilación de la información secundaria

Son aquellas que ofrecen información sobre el tema por investigar, pero no son la fuente original de los hechos, las principales fuentes secundarias de información son los libros, las revistas, documentos, tesis, escritos y otros. Se tomará en cuenta información que se tiene en el GAMER consultando al responsable de agua Potable, recaudación de Impuestos e información de Estudios de Tesis.

c) Elaboración de encuestas

Es una técnica de información en la cual se elabora una serie de preguntas que se va responder en el mismo cuestionario, vamos a conseguir datos cuantitativos, lo cual permitirá obtener información primaria sobre sobre datos de consumo de agua reflejados en sus actividades diarias, y conocer la situación actual del área urbana de la población de Entre Ríos.

d) Tamaño de la población

De acuerdo al Censo de 2012, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), la población del área de influencia del Municipio alcanzaba a 21.991 habitantes, de los cuales los hombres componían el 47,1% y las mujeres el 52,9%. Una cantidad de 4.044 habitantes vive en el área urbana del Municipio, que es la capital Entre Ríos, realizando la proyección poblacional considerando 9 años hasta la gestión actual se tiene una población equivalente a 6603 habitantes y una superficie de 4.43 km².

e) Población Proyectada

Formula 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 (%) – 5.6% en base a proyecciones de ortega 2020.

t = Número de años

$$Pf = 4044 \left(1 + \frac{5,6}{100}\right)^9$$

$$Pf = 6603 \text{ habitantes}$$

f) Determinación del Tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utiliza el método de población finita, el cual considera que todos los individuos sean susceptibles a ser elegidos

Fórmula para el cálculo de la Muestra Poblaciones Finitas:

$$n = \frac{N \times Z^2 p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

N = Total de Población

Z = 1,96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = Proporción esperada (en este caso 5% = 0,05)

q = 1- p (en este caso 1-0,05 = 0,95)

d = Precisión (en su investigación use un 5%)

$$n = \frac{6603 \times 1,96^2 \times 0,05 \times 0,95}{0,05^2 \times (6055 - 1) + 1,96^2 \times 0,05 \times 0,95}$$

$$n = 72,20 = 72 \text{ encuestas}$$

La muestra se obtuvo de la cantidad de habitantes de los 9 barrios en estudio del área urbana del Municipio de Entre Ríos obteniendo entonces $n = 72$, que es el tamaño de la muestra para los habitantes los 6603 habitantes de la población.

2.6.2. Fase de Campo

- **Relevamiento de Encuesta**

El relevamiento de las encuestas se realizó con la finalidad de conocer los diferentes usos de consumo del recurso hídrico en los barrios de la Población.

- **Consultas Informales**

Se recabo información de la Unidad de Recaudaciones, Secretaria de Obras Publicas y la Unidad de Recursos Humanos entrevistando a los encargados, así determinamos los ingresos y egresos que requiere el Sistema de Agua. También será necesario datos monitoreados por las empresas de agua potable, resultados de laboratorios, datos bibliográficos, datos propios de la unidad y visitas y datos bibliográficos (WFN), y como base legal la ley 1333 y su Reglamento en Materia de contaminación Hídrica.

- **Medición de Caudales**

Mediante el método aforos se realizó la medición de caudales del Agua Residual Domestica con el propósito de saber el volumen de agua con el que se cuenta de contaminación de ARD de la población para la estimación de la Huella Hídrica gris, azul.

2.6.3. Fase de Postcampo.

- **Procesamiento de la información.**

Se realizó la interpretación y procesamiento de la información de Los Tipos de sectores a considerar en el cálculo de la huella hídrica. Se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Enfoque y tipo de HH cuantificada por Sector

Sector	Enfoque de cuantificación		Huellas Hídricas cuantificadas			
	Grupo de Consumidores	Procesos	HH Azul	HH Gris	HH Verde	HH Indirecta
Residencial	X		X	X		X
Industrial		X	X	X		
Comercial	X		X	X		
Público	X	X	X	X	X	X

Fuente: FFLA (2015).

En el siguiente cuadro nos indica las huellas hídricas (azul, gris, verde, indirecta) a tomar en cuenta para los distintos tipos de sectores a estudiar. En este caso el sector residencial será el área de estudio con un enfoque como grupo de consumidores es decir las viviendas del área urbana de Entre Ríos.

El sector comercial y público no son tomados en cuenta en el presente trabajo debido a las distintas restricciones por la actual pandemia del Covid-19 donde las diferentes instituciones privadas (Bancos, Cooperativas, etc.) y públicas (GAMER, Colegios, entre otras) no desarrollaron sus funciones normales. A si también el sector industrial no será objeto de estudio debido a que no existe la presencia de industrias en el Municipio de Entre Ríos.

Para el cálculo de la huella hídrica se debe seguir la guía del Manual de Evaluación de la Huella Hídrica de Hoekstra et al. (2011), adaptado por la Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA, 2015) y la Water Footprint Network (WFN, 2011).

De acuerdo al Manual se identificó:

Cuadro 2. Sector de Estudio - HH Cuantificadas

	SUB SECTOR	HUELLA EVALUADA
SECTOR RESIDENCIAL (Sector doméstico de la Ciudad - viviendas).	se puede identificar la subdivisión los 9 Barrios de la población de Entre Ríos.	HH AZUL
		HH GRIS
		HH INDIRECTA
		HH VERDE

Fuente: Elaboración Propia.

En el Cuadro 2, nos muestra el sector residencial o doméstico que corresponde a las viviendas de los 9 barrios del área urbana de Entre Ríos.

Este sector es importante porque presenta un consumo de agua y generación de aguas residuales mayor que en los otros sectores de acuerdo a los estudios realizados en la fase III del Proyecto Huella de Ciudades.

La Huella Hídrica del área urbana de Entre Ríos correspondiente a las viviendas de los 9 barrios, siendo la suma de cada HH es decir las huellas azul, verde, gris, indirecta que se han identificado y seleccionado dentro de los límites de la evaluación. (Ecuación 1).

Para el presente trabajo se realizarán los siguientes cálculos:

2.6.4. Calculo de la Huella Hídrica

Ecuacion 1:

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

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

2.6.5. Calculo de la Huella Hídrica Azul

Ecuacion 2:

HH Azul (Ec. 2a) = Afluente – 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.

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).

HH Azul (Ec. 2b) = HH Azul per cápita * N° 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.

2.6.6. Calculo de la Huella Hídrica Gris

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

Ecuación 3:

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

Dónde:

- V_{efl} : Volumen del efluente
- V_{afl} : Volumen del afluente
- C_{efl} : Concentración en el efluente en base al parámetro utilizado para la cuantificación
- C_{afl} : Concentración en el afluente en base al parámetro utilizado para la Cuantificación

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

2.6.6.1. Medición de Caudales del Efluente

El presente trabajo se enmarco en una metodología, cuantitativa, como la palabra lo indica, la investigación cuantitativa tiene que ver con la “Cantidad” y, por tanto, su medio principal es la medición y el cálculo. En general, busca medir variables con referencias a magnitudes. (Niño V,2011).

La medición se realizó mediante técnicas especializadas conocidas como aforos, de acuerdo a la naturaleza y tamaño de la Fuente, se emplearon los métodos de Volumen conocido volumétricos el directo y el flotador (El método de Sección conocida).

➤ Para Efluente 1. Lagunas Colapsadas - Barrio Manantial

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

V= Velocidad

d = Distancia (metros)

t = Tiempo (segundos)

Se calculará la velocidad del ARD que pasa por el canal, con la distancia de 5 metros para el dato del Volumen.

Se calculará el área del canal, para la altura (h) se tomará 2 puntos dentro de los 5 metros para una aproximación más exacta debido a la presencia de sedimentación.

$$A = b \times h$$

Donde:

A= Área

b= Base en metros

h= Altura en metros

donde en el cual se obtendrá el dato del Q_1 del Efluente.

$$Q_1 = V \times A$$

Donde:

Q_1 = Caudal

V = Velocidad (m/s)

A= Área (m²)

➤ **Para el Efluente 2. Cámara de Salida – Barrio Banda Mealla**

$$Q_2 = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q_2 = Caudal (l/s)

V = Volumen (L)

T= Tiempo (s)

Debido a las condiciones y características de la salida de ARD que son caudales pequeños se utilizara el método del recipiente de un volumen conocido y el cual consiste de medir el tiempo requerido para llenar dicho volumen cuando se toma toda el agua de dicha fuente o corriente.

➤ **Para el Efluente 3. Lagunas Colapsadas – Urbanización San Lorenzo**

$$Q_3 = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q_3 = Caudal (l/s)

V = Volumen (l)

T= Tiempo (s)

Se empleará el método directo para el cálculo de Q_3

➤ **Sumatoria de los 3 Efluentes para obtener el volumen total**

$$Qt = Q^1 + Q^2 + Q^3$$

Donde:

Qt = Caudal total

Q1 = Caudal uno

Q2 = Caudal dos

Q3 = caudal tres

Los volúmenes de los Afluentes se convertirán a m³/dia para asimilar la descarga de estas Aguas Residuales de la Poblacion de Entre Ríos.

2.6.6.2 Método empelado para la toma de Muestras

La técnica empleada para la selección de muestras fue el Muestreo intencionado: también recibe el nombre de sesgado. El investigador selecciona los elementos que a su juicio son representativos, lo que exige un conocimiento previo de la población que se investiga. (Behar D, 2008).

Para establecer la concentración del efluente, se realizó en base al manual para la toma de muestras de agua residual edición 2015 SENASBA que indica:

Para la recolección de la muestra del efluente es decir las Aguas Residuales se realizó la técnica cualificada (es un tipo de muestra compuesta) consiste en 5 muestras simples mezcladas y tomadas en por lo menos 8 minutos; así cada muestra se toma en un intervalo de por lo menos 2 minutos.

Este método presenta un promedio de la contaminación del agua en un periodo de tiempo razonable. Otra ventaja es que un error cometido durante el muestreo de una muestra simple es relativo por el volumen grande y la mezcla con las otras muestras simples.

Para la concentración del afluente y la concentración libre de Impactos Antropogénicos la toma de las muestras se realizará siguiendo las técnicas específicas de muestreo recomendadas por el Laboratorio “CEANID” (Centro de Análisis Investigación y desarrollo) en base a la NB- 496 Agua Potable Toma de Muestras. Donde dichos análisis del Parámetro DBO5 (Físico-Químico) serán obtenidos.

2.6.6.3. Preparación de las Muestras

Las preparaciones de los 5 muestreos se realizaron siguiendo las instrucciones del laboratorio “CEANID”, donde especificaron el envío en cadena de frío. Se deben mantener refrigeradas, manteniendo los recipientes con bastante hielo que cubra por completo las muestras u otro sistema de enfriamiento durante un tiempo que dure su transporte al laboratorio. (VSB,2005-NB 496).

2.6.6.4. Puntos de Recolección de Muestra de ARD

Concentración en el Efluente:

- ✓ Efluente 1 lagunas Colapsadas-Barrio Manantial
Coordenadas: **S 21°31'50" W 64° 10' 27"**
- ✓ Efluente 2 Cámara de Salida-Barrio Banda Mealla
Coordenadas: **S 21°31'28" W 64° 10' 06"**
- ✓ Efluente 3 lagunas Colapsadas-Urbanización San Lorenzo
Coordenadas: **S 21°31'32" W 64° 10' 03"**

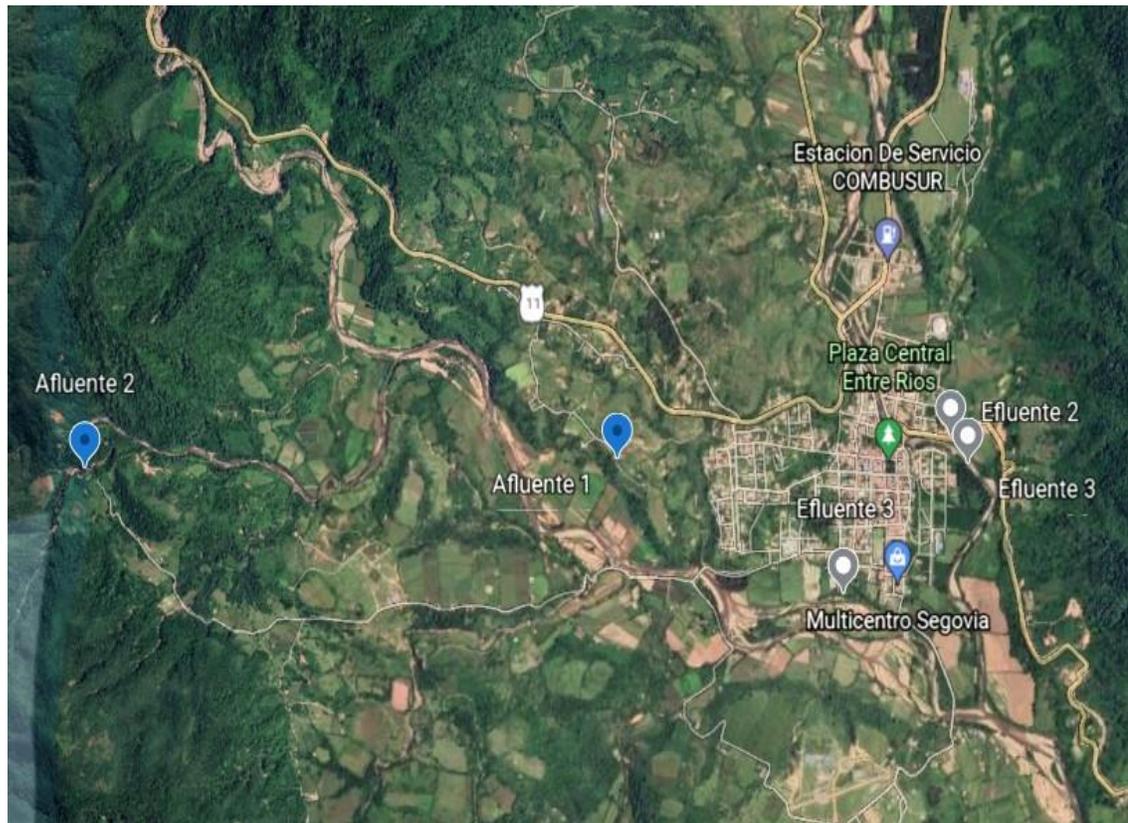
Concentración en el Afluente

- Afluente 1 Tanque de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable
Coordenadas: **S 21°31'33" W 64° 11' 14"**

Concentración Natural libre de Impactos Antropogénicos

- Afluente 2 Captación de Agua-Rio Trancas
Coordenadas: **S 21°31'48" W 64° 13' 05"**

Imagen 4. Mapa de los Puntos de Muestreo



Fuente: Elaboracion Propia

2.6.7. Calculo de la Huella Hídrica Indirecta

Ecuacion 4:

$$\text{HH indirecta} = \sum_P (\text{Cp} \times \text{HH prod})$$

Donde:

Cp = Cantidad de Productos consumidos (unidad/tiempo)

HHprod = Huella Hídrica Equivalente

2.6.8. Calculo de la Huella Hídrica Verde

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

- Superficie de cobertura de áreas verdes en la ciudad
- Tipo de cobertura (pastos, arbustos, árboles, etc.)

2.6.8.1. CROPWAT para cuantificación de HH Verde

El programa CROPWAT que se utiliza para la cuantificación de HH Verde, es un programa informático desarrollado por la FAO para determinar el volumen de agua evapotranspirada por los cultivos en distintos lugares del mundo, y utilizado por los investigadores de la WFN para la cuantificación de la HH Verde.

Los resultados obtenidos pueden exportarse a una tabla Excel para el posterior cálculo de la HH Verde. El procesamiento de estos resultados para obtener la HH verde se explica a continuación.

Ecuacion 5:

La HH Verde total de la ciudad es la suma de las HH Verdes cuantificadas de las diferentes especies tomadas en cuenta.

HH Verde (Ec. 5a)

$$= \text{HH Verde pasto} + \text{HH Verde arbustos} + \text{HHVerdes} \dots +$$

Para la cuantificación de la HH verde de cualquiera de las superficies tomadas en cuenta, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\text{HH Verde (Ec. 5b)} = \text{CWU verde} \times \text{Superficie Areas Verdes}$$

Donde:

CWU verde: Es el uso de agua de lluvia de la Cobertura Cuantificada.

Superficie de áreas verdes: (ha) de la cobertura cuantificada.

El valor de **CWU verde** se calculó con la siguiente formula:

$$\text{CWU verde (Ec. 5c)} = 10 \times \sum_{d=1}^{\text{Lgp}} \text{ET verde}$$

Donde:

CWU verde: Es el componente verde en el uso de agua de las plantas, es decir, el aprovechamiento de agua de la lluvia por partes de las plantas.

ET verde: Es la evapotranspiración del agua verde, agua de lluvia, y está definida por la siguiente relación

Lgp: Se refiere a la longitud del tiempo evaluado en días, es decir, si se cuantifica un mes, entonces el Lgp será 30 días.

2.6.9. 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 5). 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, como se puede ver en la Tabla N°1.

2.6.10. Calculo de Sostenibilidad HH azul

La sostenibilidad de la HH Hídrica se realizará en relación de la siguiente Ecuacion.

Ecuacion 6:

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

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).

2.6.11. 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.

2.6.12. Calculo de Sostenibilidad HH gris

La sostenibilidad de la HH Hídrica se realizará en relación de la siguiente Ecuacion.

Ecuacion 7:

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

CAPITULO III
ANÁLISIS DE RESULTADOS

3. RESULTADO Y DISCUSIONES

A continuación se presentan los resultados de acuerdo a los objetivos específicos planteados en el trabajo de investigación.

3.1. Resultado de la Estimación del consumo de agua actual de la población en las viviendas del área urbana de Entre Ríos.

Se realizó la estimación del consumo de agua actual de las viviendas del área urbana de Entre Ríos, tomando en cuenta lo mencionado en la metodología se tiene los siguientes resultados como se presenta a continuación.

3.1.1. Análisis de las encuestas vinculadas al Estudio

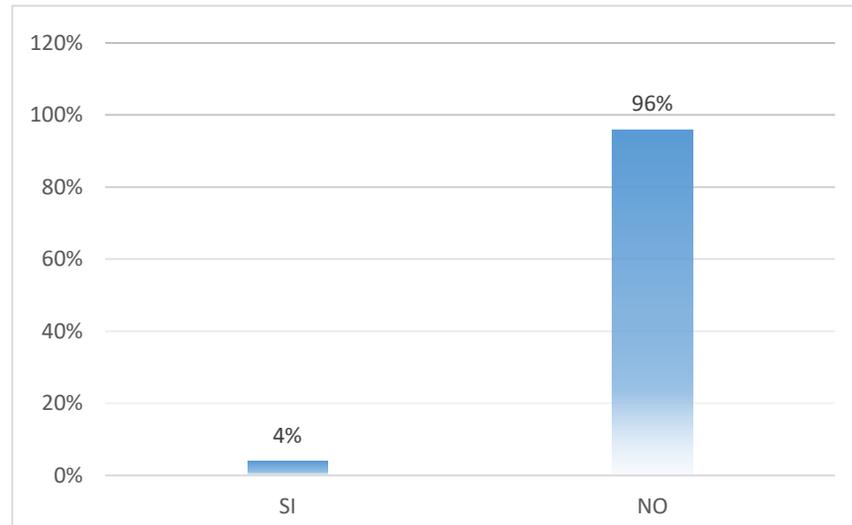
La encuesta consta con 14 preguntas, a 72 personas de los 9 Barrios de la ciudad llegando a los domicilios de los usuarios.

1. ¿Usted tiene conocimiento sobre la Huella Hídrica?

Tabla 1. Conocimiento de la Huella Hídrica

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	3	4%
NO	69	96%
Total	72	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1. Porcentaje al conocimiento de la Huella Hídrica

Fuente: Elaboración propia

En la primera pregunta tenemos que el 96% no tiene conocimiento de la Huella Hídrica y un 4% dijo que, si escucho acerca del tema, los 3 individuos que dijeron si son estudiantes de la Carrera de Medio Ambiente que fueron entrevistados en sus viviendas, el porcentaje que no tiene conocimiento se puede atribuir a que en el Municipio no se dan a conocer estos términos de importancia lo que es la Huella Hídrica (HH).

Esto evidencia que hay un total desconocimiento hacia el concepto de lo que es la Huella Hídrica y lo que engloba, debido a la falta de educación ambiental, motivo por el cual es de vital importancia sensibilizar y brindar información precisa a la población de temas relacionados a la Huella Hídrica.

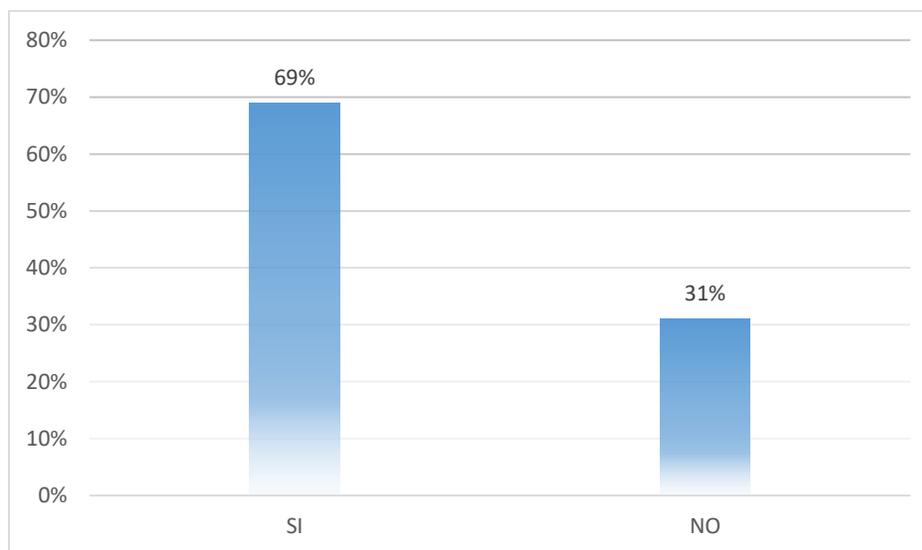
2. ¿Cree usted que le da un uso apropiado al agua?

Tabla 2. Uso Apropiado del Agua

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	50	69%
NO	22	31%
Total	72	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2. Porcentaje de Uso apropiado de Agua



Fuente: Elaboración Propia

En la segunda pregunta se puede observar que un 69% dice que da un uso apropiado al recurso del agua, pero muchas veces la respuesta es afirmativa por miedo a ser observado. Sin embargo, existe conciencia por parte de la población de cuidar el Agua, Un 31% su respuesta es que conscientemente afirmaron que no hacen un apropiado uso del agua teniendo fugas o utilizando en otras actividades en la cual se derrocha el agua.

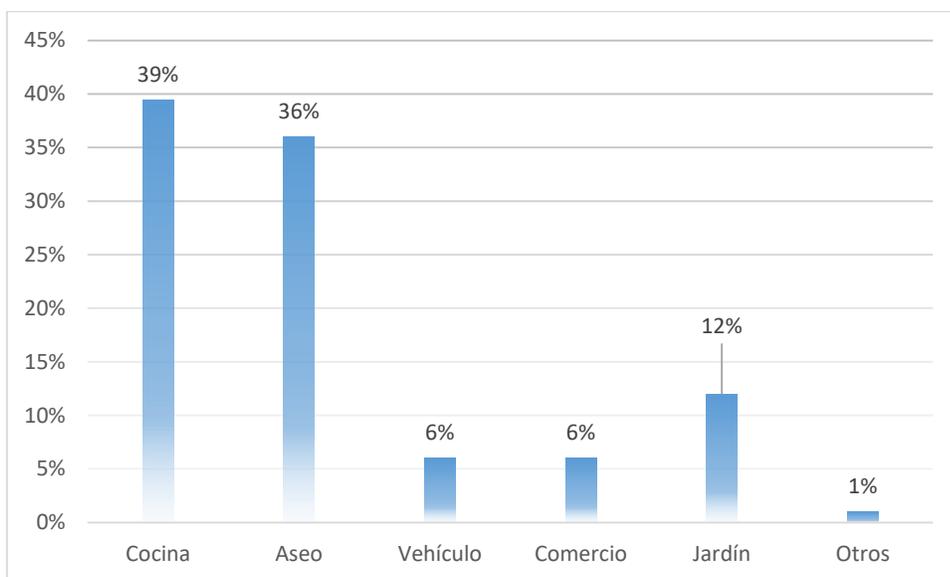
3. ¿Cuál es la actividad en la que más gasta el agua?

Tabla 3. Actividad de Mayor Consumo de Agua

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Cocina	28	39%
Aseo	26	36%
Vehículo	4	6%
Comercio	4	6%
Jardín	9	12%
Otros	1	1%
Total	72	100%

Fuente: Elaboracion Propia

Gráfico 3. Porcentaje a la Actividad de Mayor Consumo de Agua



Fuente: Elaboración Propia

En la tercera pregunta se puede observar que un 39 % dice que en la actividad que gastan más agua es en la Cocina, 36 % en el Aseo, un 12 % en el Jardín siendo estas 3

Actividades de mayor consumo. Con 6 % en Vehículo y con el mismo porcentaje de 6 % en el comercio y finalmente 1 % en otras actividades.

Tomando en cuenta obtenidas atribuye proponer algunas medidas en el uso del cuidado del agua ya que se evidencia se está dando un uso inadecuado del agua.

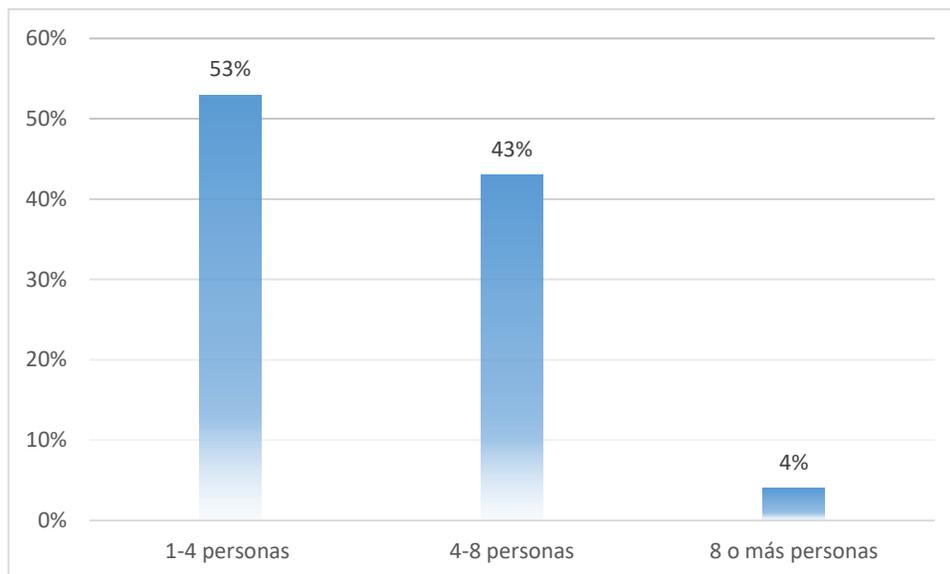
4. ¿Cuántas personas viven en tu domicilio?

Tabla 4. Personas por Domicilio

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1-4 personas	31	43%
4-8 personas	38	53%
8 o más persona	3	4%
Total	72	100%

Fuente:

Elaboración Propia

Gráfico 4. Porcentaje de personas por domicilio

Fuente: Elaboración Propia

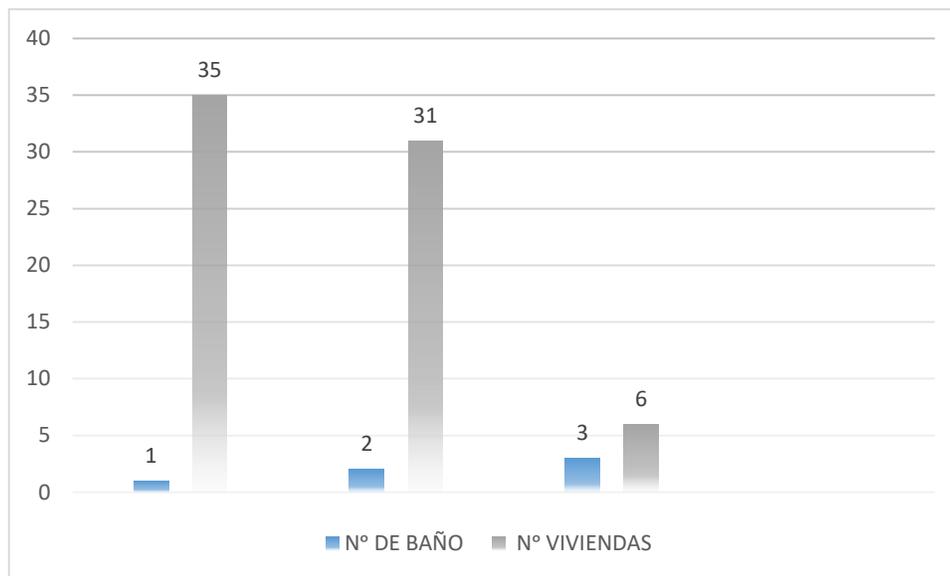
En la cuarta pregunta se puede observar que un 53% viven de 4 a 8 personas por domicilio y un 43% viven de 1 a 4 personas por domicilio, finalmente el 4% restante viven por domicilio 8 personas. Sin embargo, el promedio de Habitante por domicilio en la población de Entre Ríos es de 5 a 4 en el área urbana y de 6 a 7 en el área rural, información brindada por la Secretaria de Desarrollo Humano y Social del GAMER.

5. ¿Cuántos inodoros de cada tipo tienes instalados en tu hogar?

Tabla 5. Cantidad y tipo de inodoros por Domicilio

Tipo de baño	Nº de Viviendas	Nº de Baños
Convencionales (funcionan con volúmenes de más de 8 litros de agua por descarga)	35	1
	31	2
	6	3

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5. Porcentaje de Cantidad y tipo de inodoro por Domicilio

Fuente: Elaboración Propia

En la quinta pregunta se observa la cantidad de inodoros por viviendas donde los resultados indican que en 35 viviendas cuentan con 1 baño, 31 viviendas cuentan 2 baños y 6 viviendas tienen 3 baños en la población de Entre Ríos. No se tiene conocimiento claro del tipo de inodoro, pero se asumió de tipo convencional con un volumen de descarga a 8 litros comúnmente vendidos en las ferreterías y también debido a que los encuestados no están seguros del tipo que poseen.

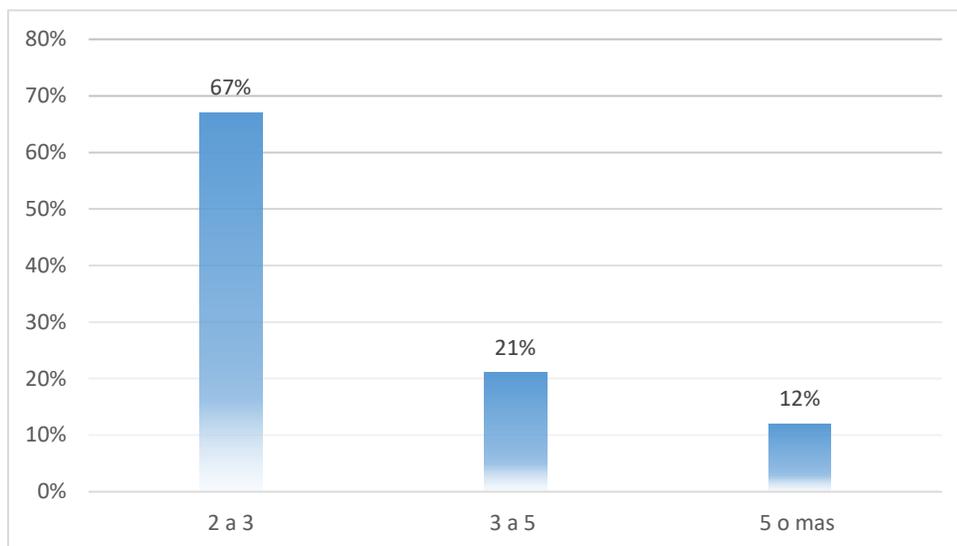
6. ¿Cuántas veces al día utilizas el inodoro en tu hogar?

Tabla 6. Uso del inodoro por día

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2 a 3	48	67%
3 a 5	15	21%
5 o mas	9	12%
Total	72	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 6. Porcentaje de Uso del inodoro por día



Fuente: Elaboración Propia

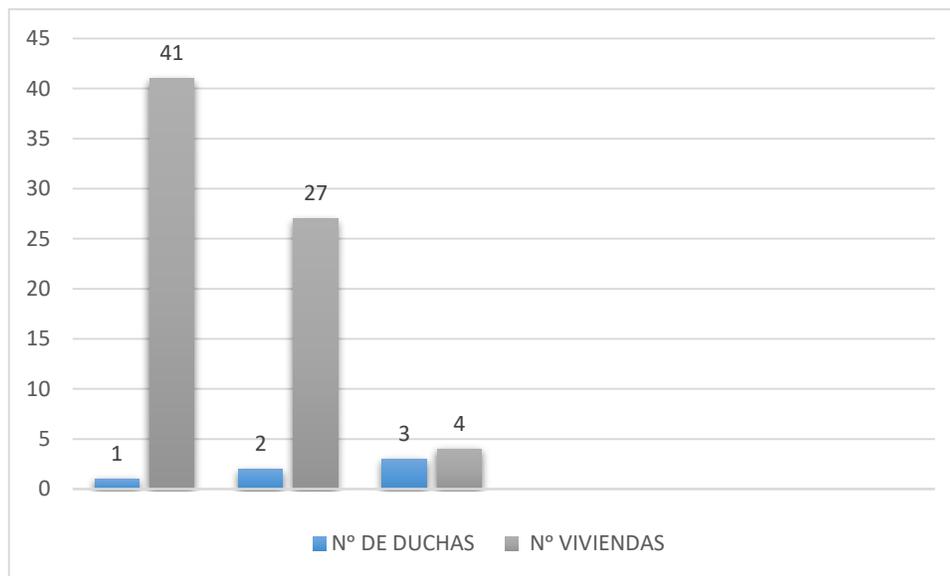
En la sexta pregunta se puede observar que un 67% usan de 2 a 3 veces por día su inodoro un 21% le dan uso de 3 a 5 veces por día y finalmente un 12% usa 5 a más veces por día. Estos datos se relacionan con el volumen del Efluente de las Aguas Gris.

7. ¿Cuántas duchas de cada tipo tienes instalados en tu hogar?

Tabla 7. Cantidad y tipo de Ducha por vivienda

Tipo de ducha	Nº de Viviendas	Nº de Duchas
Convencionales (funcionan con volúmenes de más de 8 litros de agua por descarga)	41	1
	27	2
	4	3

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 7. Porcentaje de Cantidad y tipo de Ducha

Fuente: Elaboración Propia

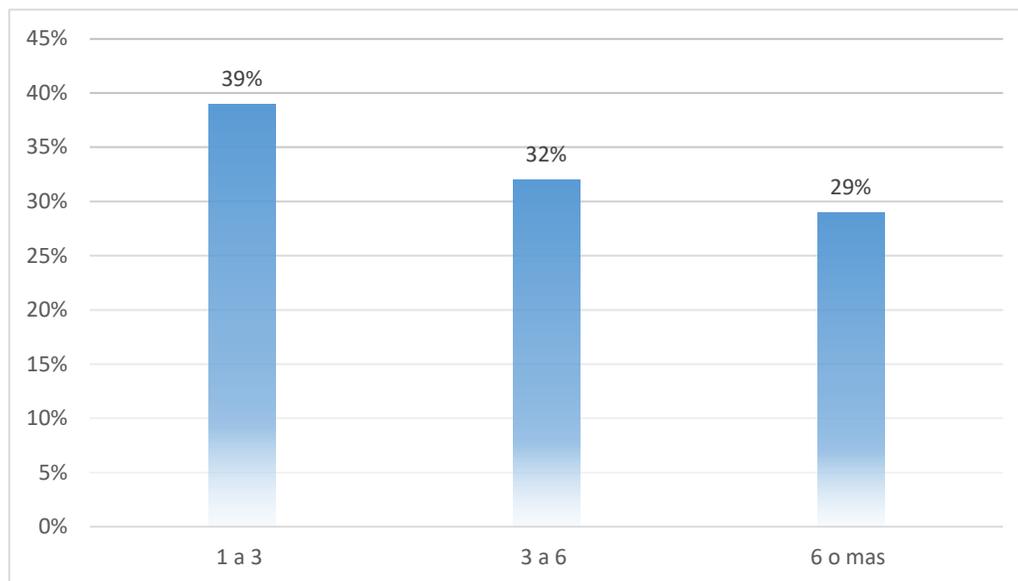
En la séptima pregunta se puede observar la cantidad de duchas por viviendas donde los resultados indican que en 41 viviendas cuentan con 1 ducha, 27 viviendas cuentan 2 duchas y 4 viviendas tienen 3 duchas en la población de Entre Ríos. No se tiene conocimiento claro del tipo de ducha, pero se asumió de tipo convencional con un volumen de descarga a 8 litros comúnmente vendidos en las ferreterías y también porque los encuestados no están seguros del tipo que poseen.

8. ¿Cuántas veces a la semana usas la ducha?

Tabla 8. Uso de Ducha

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1 a 3	23	32%
3 a 6	28	39%
6 o mas	21	29%
Total	72	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 8. Porcentaje de Uso de Ducha

Fuente: Elaboración Propia

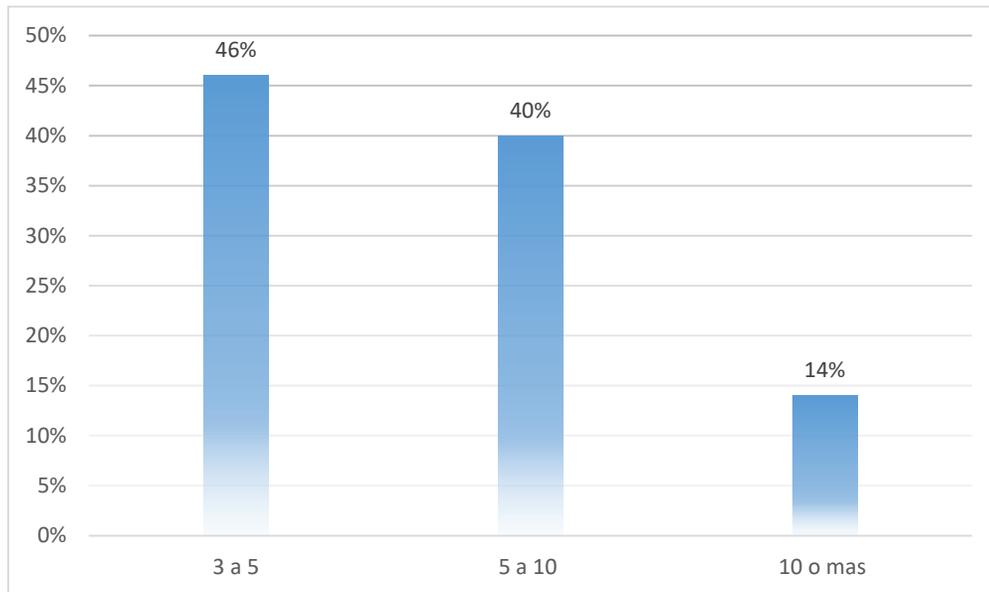
En la octava pregunta se puede observar que un 39% usa la ducha de 3 a 6 veces por semana, un 32% usa 1 a 3 veces por semana y finalmente un 29% usa más de 6 veces a la semana la ducha en su domicilio.

9. ¿Cuántos minutos tardos en ducharte cada vez?

Tabla 9. Tiempo de Aseo personal

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
3 a 5	33	46%
5 a 10	29	40%
10 o mas	10	14%
Total	72	100%

Fuente: Elaboracion Propia

Gráfico 9. Porcentaje de Tiempo de Aseo Personal

Fuente: Elaboración Propia

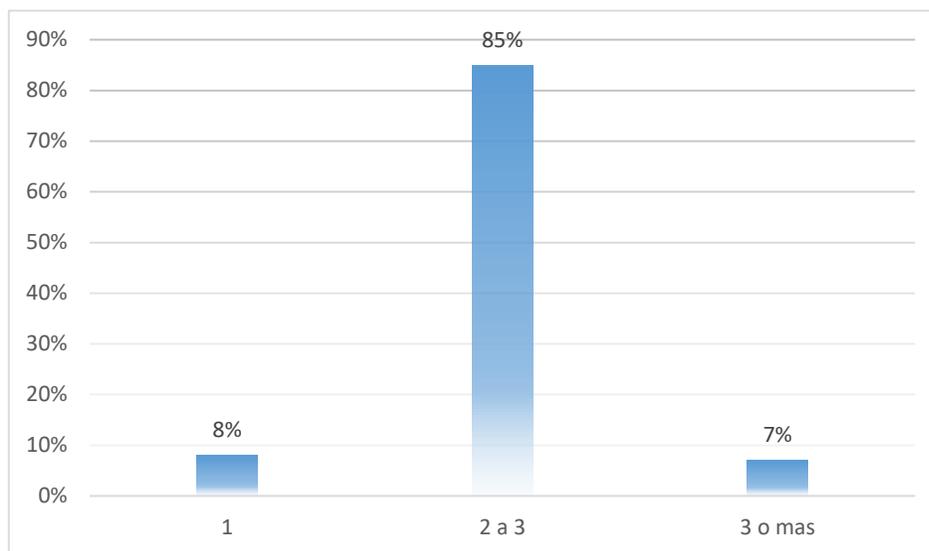
En la novena pregunta se puede observar que un 46% para ducharse tarda de 3 a 5 minutos, un 40% de 3 a 10 minutos usa la ducha y finalmente un 14% se toma más de 10 minutos para ducharse. Estos porcentajes serán de importancia para la estimación del Afluente en nuestra HH azul.

10. ¿Cuántas veces al día lavas tus platos?

Tabla 10. Lavado de platos por día

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	6	8%
2 a 3	61	85%
3 o mas	5	7%
Total	72	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 10. Porcentaje de Lavado de Platos por día

Fuente: Elaboración Propia

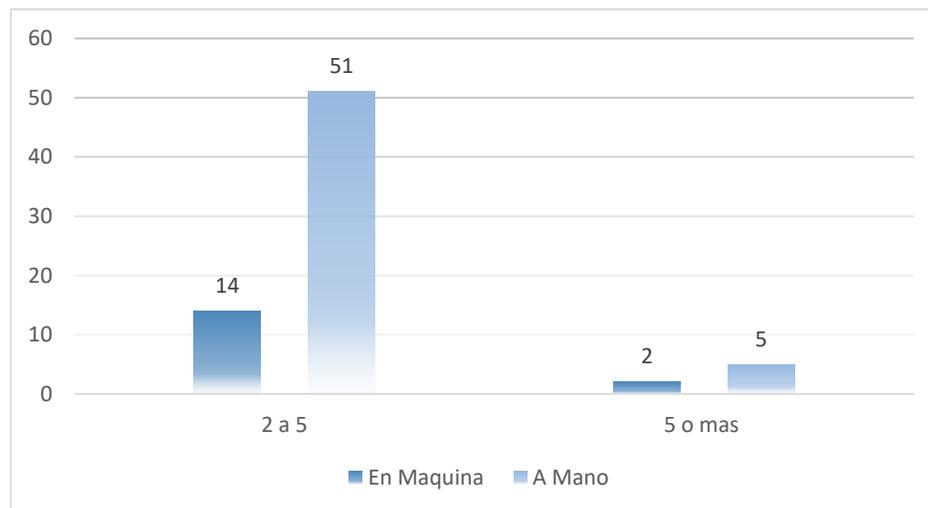
En la décima pregunta se puede observar que un 85% lava los platos 2 a 3 veces por día indicando que en la mayoría de las viviendas desayunan, almuerzan y cenan en sus hogares, un 8% lava los servicios una vez al día y un 7% nos indica que lava más de 3 veces por día.

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

Tabla 11. Lavado de ropa por semana

Lavado	2 a 5	5 o mas
En Maquina	14	2
A Mano	51	5

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 11. Porcentaje de Lavado de ropa por semana

Fuente: Elaboración Propia.

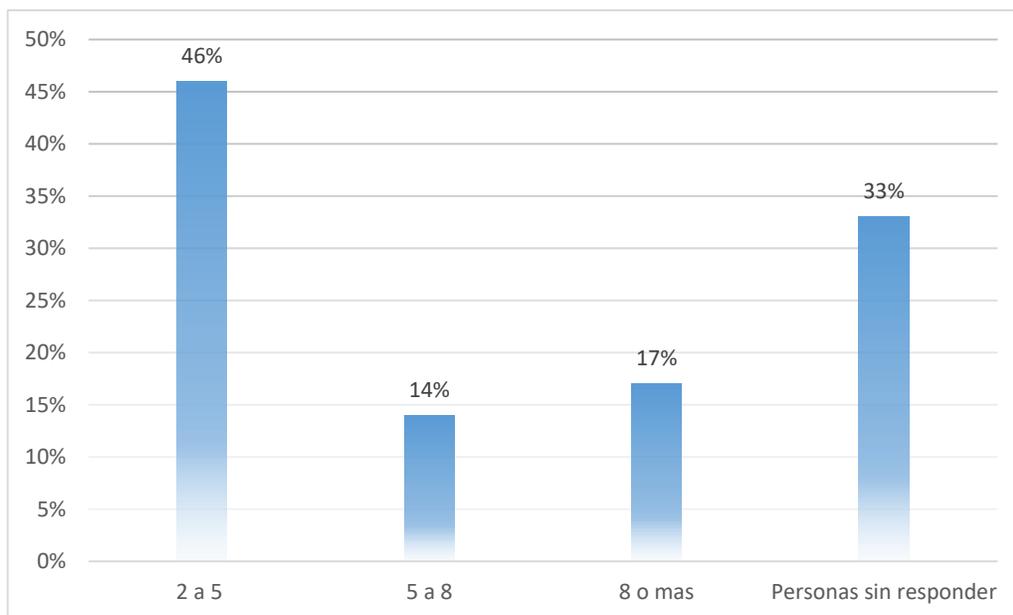
En la décima primera se puede observar que la mayoría de las personas lavan la ropa a mano donde como resultado se puede observar que 51 personas lavan de 2 a 5 veces a la semana, 14 personas lavan de 2 a 5 veces a la semana, pero en máquina, también se puede observar que 5 contestaron que lavan más de 5 veces a la semana a mano y finalmente 2 personas lavan a máquina más de 5 veces a la semana.

12. ¿Cuántos minutos riega el jardín por semana?

Tabla 12. Tiempo de Riego de Jardín

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2 a 5	26	36%
5 a 8	10	14%
8 o mas	12	17%
Sin responder	24	33%
Total	72	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 12. Porcentaje de Tiempo de Riego de Jardín

Fuente: Elaboración Propia

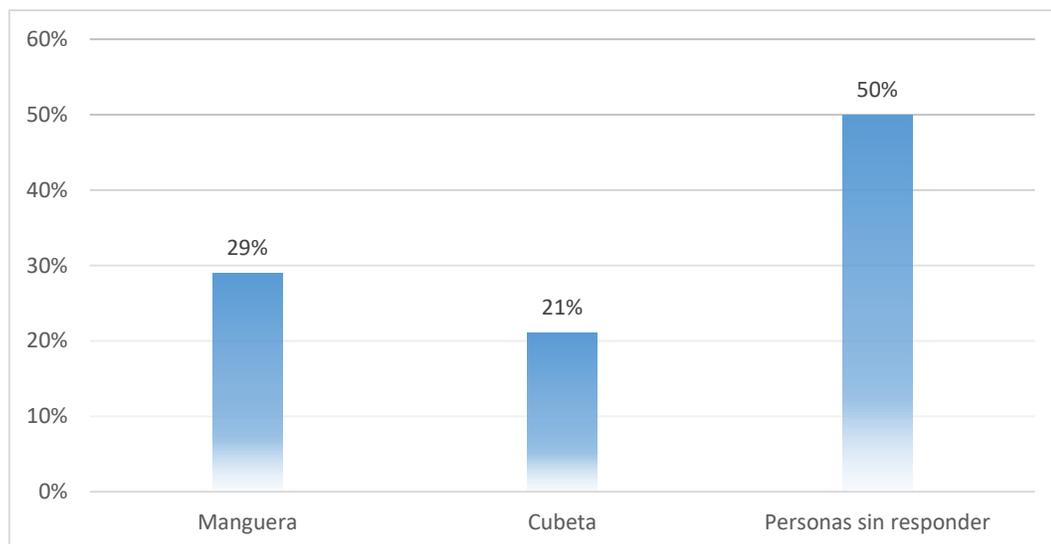
En la décima segunda pregunta se puede observar que un 36% riega su jardín de 2 a 5 minutos por semana, un 33% no respondieron a la pregunta el motivo es que no cuentan con un jardín en sus viviendas, un 17% nos dice que riega más de 8 minutos por semana y finalmente un 14% nos indica que riegan de 5 a 8 minutos a la semana.

13. ¿Qué utilizas para lavar el automóvil?

Tabla 13. Uso para lavado de Vehículo

RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Manguera	21	29%
Cubeta	15	21%
Personas sin responder	36	50%
Total	72	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 13. Porcentaje de Uso para lavado de Vehículo

Fuente: Elaboración Propia

En la décima tercera pregunta se puede observar que un 50% no respondió el lavado de su vehículo esto se atribuye a que no cuentan con una movilidad o también porque muchos de los usuarios llevan a la lavandería de autos, un 29% usa manguera para el lavado, un 21% utiliza cubetas para el lavado de vehículos.

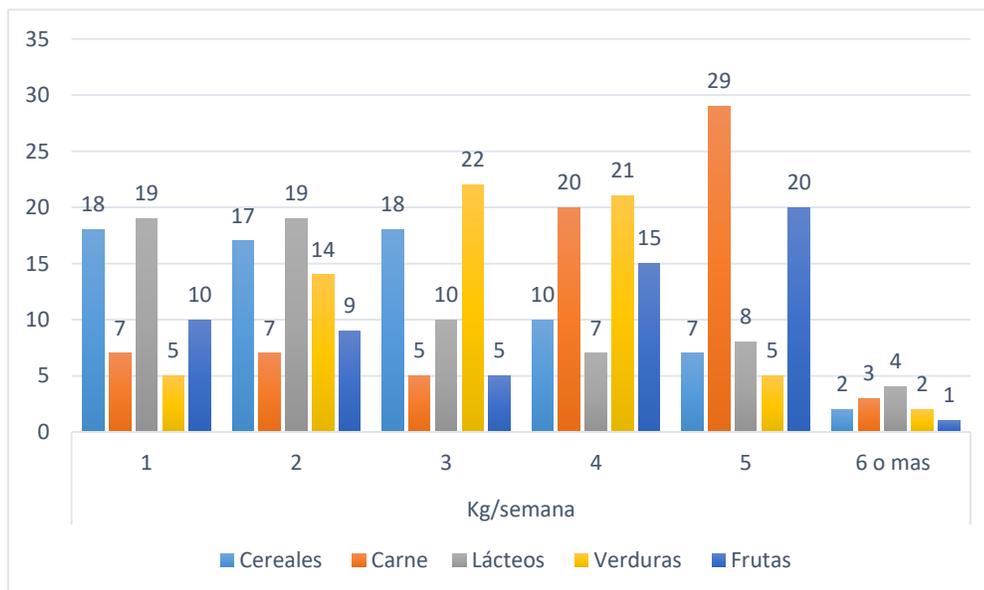
14. ¿Qué tipo de productos compra para la canasta familiar?

Tabla 14. Productos consumidos de la Canasta Familiar

PRODUCTO	Kg/semana						TOTAL POR PRODUCTO
	1	2	3	4	5	6 o mas	
Cereales	18	17	18	10	7	2	195 kg/semana
Carne	7	7	5	20	29	3	424kg/semana
Lácteos	19	19	10	7	8	4	179kg/semana
Verduras	5	14	22	21	5	2	220kg/semana
Frutas	10	9	5	15	20	1	209kg/semana
Σ DE TODOS LOS PRODUCTOS							1227kg/semana

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 14. Porcentaje de Productos consumidos de la Canasta Familiar



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que en la pregunta decima cuarta se tiene como resultado que el consumo de productos en Cereales el dato más alto es 18 personas consumen 3 kg/semana, en el consumo de Carne se obtuvo que 29 personas consumen 5kg/semana, en Lácteos se obtuvo como dato más alto que 19 personas consumen 2kg/semana, en las Verduras se obtuvo es de 22 personas consumen 3kg/semana y finalmente en las Frutas se obtuvo que 20 personas consumen 5kg/semana. Estos Datos varían dependiendo de los hábitos alimenticios que se tenga en cada hogar. El consumo en los hogares varía dependiendo del número de integrantes de la Familia, estos serán de importancia para la cuantificación de la HH Indirecta que se basa en el consumo de productos de la Canasta Familiar en la Poblacion de Entre Ríos.

3.1.2. Información para la estimación de la HH indirecta

Para la estimación de la Huella Hídrica Indirecta se tomará en cuenta los resultados de la encuesta en base al consumo de la Canasta Familiar en los Barrios de la Poblacion de Entre Ríos.

Donde nos indica:

- 195 kg/semana consumo de Cereales
- 424 kg/semana consumo de Carne (vacuna, porcina y pollo)
- 179 kg/semana consumo de Lácteos (Leche)
- 220 kg/semana consumo de Verduras
- 209 kg/semana consumo de Frutas
- **Σ de productos es de 1227 kg/semana**

La HH Indirecta total, es la suma de la multiplicación de los materiales y productos consumidos por sus respectivas equivalencias hídricas.

Al no tener los ciudadanos control directo sobre la cantidad de agua incorporada al proceso productivo de ciertos productos y servicios que consumen, se sugiere excluir la HH Indirecta. Sin embargo, ésta puede ser cuantificada en los barrios de la poblacion

(en base a la canasta familiar) como un indicador demostrativo con fines únicamente informativos.

Las equivalencias por producto se tomarán en cuenta en base al siguiente cuadro.

Cuadro 4. Huella Hídrica de Algunos Productos Alimenticios Seleccionados de Origen Animal y Origen Vegetal

ALIMENTO	Huella de Agua por tonelada (m³/ton)			
	Verde	Azul	Gris	Total
Vegetales	194	43	85	322
Frutas	726	147	89	962
Cereales	1232	228	184	1644
Leche	863	86	72	1020
Carne de Pollo	3545	313	467	4325
Carne de Vacuna	14414	550	451	15415
Carne de Chanco	4907	459	622	5988

Fuente: Mekonnen and Hoekstra (2010).

Para la estimación de la Huella Hídrica Indirecta se tomó la HH Equivalente total de cada producto en base al Reporte 48 de la Huella hídrica verde, azul y gris de los animales de granja y los productos animales de Mekonnen and Hoekstra (2010), que indica el valor del agua publicado por el Instituto de la UNESCO-IHE para la educación sobre el agua, en colaboración con la Universidad de Twente Enschede y la Universidad Tecnológica de DELFT.

Para los productos lácteos se tomó el valor solo del producto leche y para los productos de la Carne se sacó una media de la carne Vacuna, de Pollo y de Chanco esto debido a que no se especificó en la Encuesta el consumo particular de los lácteos, lo mismo para la carne debido a que los encuestados no tienen un control exacto sobre su consumo de alimentos diario.

Esto será necesario para la aplicación de la Ecuación de la HH indirecta donde será reflejado en el Cuadro 14.

3.1.3. Información para la estimación de la HH Azul

Para la de determinación de la HH azul nos basamos en información del GAMER, brindada por el responsable de Agua y de recaudación de impuesto.

Se recabo datos de la cantidad de usuarios de la población de Entre Ríos, así también el cobro por domicilio.

Será necesario para la estimación del volumen del Afluente datos de las Viviendas total que cancelan el servicio de Agua Potable ya bien no se cuenta con el uso de medidores para contar con datos exactos de consumo, pero se obtuvo el número total de los Usuarios. También contamos con los datos de los caudales de los tanques de distribución para la dotación de Agua para la Población de Entre Ríos.

Se tomó datos de Consumo en base a Organizaciones Internacionales como Nacionales y estudios realizados en el Departamento de Tarija.

Cuadro 5. Usuarios de Agua Potable del área Urbana de Entre Ríos

Barrios/Calles	Viviendas	Pago (Bs)
La Pista 2	124	1893,20 bs
Buena Vista	61	1485 bs
Banda Mealla	61	1485 bs
El Baden	14	238 bs
Francisco Villa	15	337 bs
Avaroa 2	55	1370 bs
Eberto Lema	69	1443 bs
Alianza	35	680 bs
Ayacucho	50	1050,80 bs
Ingavi	58	1146,40 bs
Camacho	36	695,40 bs
San Luis	74	1542,20 bs
San Juan de Dios	21	771,80 bs
La Pista	196	3363 bs
Urb. San Lorenzo	54	930 bs
Pilcomayo	60	1102 bs
Bolívar	30	659 bs
Sucre	44	937 bs
Potosí	65	1364 bs
1ra de Mayo	52	1364 bs
F. Tejerina	79	2905,40 bs
Total	1253 Usuarios	25.686,1 bolivianos

Fuente: Recaudación de Impuestos.

Se recopiló información de Recaudación de Impuestos del GAMER, donde el Encargado el Sr. Gonzalo Díaz Nieto. Nos indicó el control respectivo de cobro en las viviendas que cuentan con el servicio de Agua Potable (Agua Azul), que está organizado por Barrios y por Calles contando con el total de viviendas y el monto total de cobro. Si bien esto varía primero por el cobro por viviendas de acuerdo a la venta de bienes y servicios de la administración pública del Municipio que tienen un precio promedio alrededor de 35bs para las viviendas y un valor de 60bs para comercios, hoteles, entre otros y segundo varía por la cantidad de individuos que viven en el domicilio ya que en la encuesta nos muestran que un 53% viven alrededor de 4 a 8 personas, y el INE indica el promedio de 5 personas por Domicilio.

Cuadro 6. Distribución de Tanques a los Barrios

Tanque 1	Barrios Manantial, La Pampa, San Lorenzo y la calle Pilcomayo
Tanque 2	Barrios El Badén, Banda Mealla
Tanque 3	San Luis, Cañaverál, San José y la Pista,

Fuente: Ortega 2020

Nota: Elaboración Propia.

Los Tanques de Almacenamiento reciben un caudal aproximado de 22,1 l/s. teniendo una pérdida de 0,17 l/s dicha pérdida se debe encontrar en las tuberías que llevan desde la Planta de Filtración hasta los Tanques de Almacenamiento. El tanque N°1 recibe un caudal de 9,15 litros por segundo, el tanque N° 2 cuentan con un caudal de 6,74 litros por segundo y el tanque N° 3 cuenta con un caudal de 6,21 litros por segundo, los tres tanques cuentan con una capacidad de 100.000 litros cada uno, para el almacenamiento y la distribución del agua para los Barrios de la ciudad de Entre Ríos.

Entonces el caudal es de 22,1 l/s dotando 1.909.440 litros de Agua Potable por día.

Cuadro 7. Datos de Consumo Promedio de Agua por habitante

CONSUMO	VOLUMEN	FUENTES
OMS	100 lts/día	Organización Mundial de la salud
Bolivia	80 - 250 lts/día	Fundación Solón
Tarija	240 lts/día	Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua (EMAGUA)
Entre Ríos	63,54 lts/día	Monzón 2020

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: basado en otras Investigaciones y sitios web.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 100 litros de agua al día (5 o 6 cubetas grandes) para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene. Que a diferencia de los estudios realizados en Bolivia los datos revelan que el consumo de agua por habitante llega a 80 litros diarios en La Paz, El Alto, Oruro y Potosí, mientras que en el oriente sube a 250 litros por habitante. En la ciudad de Tarija tiene uno de los consumos de agua per cápita más altos del país, estimado en 240 litros por día según el Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Guadalquivir. Por ultimo por el estudio realizado por Monzón 2021 indico que el consumo tiene un valor 2,554 m³ una media de 7.625 m³ al mes lo que significa que al dia consumen 63,53 litros al dia en la Poblacion de Entre Ríos.

Esto es importante para calcular con la Ecuación 2b de la HH azul (Ec. 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 área urbana de Entre Ríos.

3.1.4. Información para la estimación de la HH Gris

Para obtener la información necesaria se realizó la medición de caudales de los efluentes contaminantes de agua residual doméstica y así mismo también la toma de muestras de estos puntos debido a que en la población de Entre Ríos no existe una planta de Tratamiento de Agua residuales que tenga un control de los mismos.

3.1.4.1. Medición de los caudales del Efluente

➤ Efluente 1. Lagunas Colapsadas - Barrio Manantial

Estas lagunas se encuentran por el barrio manantial, atrás del mirador de cristo de la Poblacion de Entre Ríos y son efluentes de ARU vertidas al rio seco afluente del Rio Santana.

Las fórmulas que se utilizó para poder determinar la cantidad de agua, en litros por segundo, que se está descargando a este cuerpo receptor son las siguientes:

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

V= Velocidad

d = Distancia (metros)

t = Tiempo (segundos)

Cuadro 8. Datos Para el Caudal del Efluente 1

Tiempo	Largo	Ancho	Altura (h) 1	Altura (h) 2
13,27s	5 m	28cm	10,9cm	13.4cm
13,92s			11.6cm	14.1cm
12,6s			11,1cm	13.3cm
15,62s				
14,43s				
12,80s				
Promedio t 13,77 = 14s		Conversión 0,28m	Conversión 0,11m	Conversión 0,14m
			Promedio h 0,13 m	

Fuente: elaboración propia.

$$V = 5\text{m}/14\text{s} = 0,3571\text{m/s}$$

$$A = b \times h$$

Donde:

A= Área

b= Base en metros

h= Altura en metros

$$A = 0,28 \text{ m} * 0,13\text{m} = 0,0364 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = V \times A$$

Donde:

Q_1 = Caudal

V = Velocidad (m/s)

A = Área (m²)

$$Q_1 = 0,3571\text{m/s} * 0,0364\text{m}^2 = 0,0130\text{m}^3/\text{s}$$

El Caudal del efluente 1 de las lagunas colapsadas está en metros cúbicos por segundos llevándolos a litros por segundo tenemos que:

$$Q_1 = 12,99 \text{ l/s}$$

Cabe destacar que toda esta información fue recogida un día jueves 30 de septiembre a horas 14:00pm.

➤ **Efluente 2. Cámara de Salida – Barrio Banda Mealla**

Este es un punto de descarga directa de aguas residuales urbanas generadas, las cuales no reciben ningún tratamiento antes de ser descargadas al río pajonal afluente del río Salinas.

Para la medición del efluente se lo realizo por el método directo y para realizar el aforo de este efluente también se empleó la fórmula:

$$Q_2 = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q_2 = Caudal (l/s)

V = Volumen (L)

T = Tiempo (s)

Cuadro 9. Datos Para el Caudal del Efluente 2

Volumen (l)	Tiempo (s)
Recipiente de 10 litros	47,54s
	51,0s
	52,59s
	54,06s
	42,48s
	44,17s
	43,68s
	Promedio (T) = 47,93s

Fuente: Elaboración propia

$$Q_2 = \frac{10\text{litros}}{47,93\text{segundos}}$$

$$Q_2 = 0,2086 \text{ l/s}$$

➤ **Efluente 3. Lagunas Colapsadas – Urbanización San Lorenzo**

Estas lagunas se encuentran ubicadas en el barrio san Lorenzo, y tienen una descarga directa al Rio Pajonal afluente del Rio Salinas.

Para la medición del efluente se lo realizo por el método directo y para realizar el aforo de este efluente también se empleó la fórmula

$$Q_3 = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q_2 = Caudal (l/s)

V = Volumen (L)

T= Tiempo (s)

Cuadro 10. Datos para el Caudal del Efluente 3

VOLUMEN (L)	TIEMPO (S)
Recipiente de 10 litros	2,31s
	1,88s
	2,41s
	2,20s
	2,31s
	1,93s
	2,08s
	1,99s
	2,03s
	2,34s
Promedio	2,14segundos

Fuente: Elaboración Propia

$$Q_3 = \frac{10\text{litros}}{2,14\text{segundos}}$$

$$Q_3 = 4,67 \text{ l/s}$$

Para obtener el Efluente Total se realizó la sumatoria de los Caudales de ARU (Agua Residuales Urbanas) en los 3 puntos identificados de descargas.

$$Q_t = Q^1 + Q^2 + Q^3$$

Donde:

Qt = Caudal total

Q1 = Caudal uno

Q2 = Caudal dos

Q3 = caudal tres

$$12,99l/s + 0,2086l/s + 4,67l/s = 17,86l / s$$

Se obtuvo que el Caudal total es de 17,86 l/s de ARU es decir el Efluente del Área Urbana de la Población de Entre Ríos. Siendo el Efluente el Volumen de agua contaminada y descargada al alcantarillado público o ríos, después de ser usada en actividades evaluadas.

En este caso vertidas todas al rio directamente sin ningún tratamiento previo. Debido a que las lagunas ya colapsaron hace años y no hay una planta de Tratamiento de AR que esto Facilitaría el estudio de Huella Hídrica.

3.1.4.2. Resultados de Laboratorios del Efluente y Afluente

Para la realización del Análisis del Parámetro se empleó la contratación de los Servicios del Laboratorio CEANID (Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo), en el cual se solicitó el Análisis del Parámetro DBO5 por ser la Máxima de HH Gris debido a que el análisis del DQO no es relevante en la Área Urbana de Entre Ríos ya que no existe la Presencia de Industrias donde los resultados de Laboratorio son los siguientes:

3.1.4.3. Resultado del Efluente parámetro DBO5

A continuacion se detallan los resultados, del parámetro DBO5 en los distintos puntos de Muestreo es decir los Efluentes en base a la Ecuacion Empleada para la estimación de la HH Gris.

Cuadro 11. Resultado del Parámetro DBO5 de Efluentes

PARÁMETRO	TÉCNICA Y/O MÉTODO DE ENSAYO	PUNTOS DE TOMA MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
					Min	Max	
DBO5	SM 5210-B	Barrio Manantial- lagunas colapsadas	mg/l	367	Min	Max	LMA 1333
					300		
		Mercado Nuevo- Cámara de Salida		281.5			
		Urbanización San Lorenzo		297			

Fuente: Elaboracion Propia en base a los resultados de CEANID.

El valor DBO5 (demanda biológica del Oxígeno) es pues 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. Estos resultados serán necesario para la concentración del efluente en base a la ecuación de HH Gris, sin motivo de medir el grado de contaminante solo para la

aplicación de datos. Pero cabe recalcar que estos datos sobre pasan los límites máximos permisibles en los 3 punto de descargas esto en base a la Ley 1333, donde este dato será apreciado para la estimación de la HH gris por ser mayor de los tres puntos, además de ser lagunas colapsadas donde anteriormente se prestaba el tratamiento de las AR.

3.1.4.4. Resultado del Afluente parámetro DBO5

A continuacion se detallan los resultados, del parámetro DBO5 en 2 puntos de Muestreo es decir los Afluentes en base a la Ecuacion Empleada para la estimación de la HH Gris.

Cuadro 12. Resultado del Parámetro DBO5 de Afluentes

PARÁMETRO	TÉCNICA Y/O MÉTODO DE ENSAYO	PUNTOS DE TOMA MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LIMITES
					Min	Max	
DBO5	SM 5210-B	Agua Rio Trancas-Punto de Captación	mg/l	96	300		LMA 1333
		Tanque de almacenamiento- dotación de agua potable		90			

Fuente: Elaboracion Propia en base a los resultados de CEANID

El valor del DBO5 para los Afluentes es el dato para el valor de la Concentración Natural libre de Impactos Antropogénicos, nos referimos al Agua del Rio Trancas donde es el punto de captación para dotación de Agua Potable. El otro resultado será la concentración del Afluente es decir el Agua Potable que se dota a los Barrios del área urbana de Entre Ríos. Los datos serán reflejados en la Ecuacion para la Estimación de la HH gris, cabe denotar que estos resultados están bajo la Ley 1333 puesto que son puntos libres de Contaminantes.

3.1.5. Información para la Estimación de la HH Verde

Para el realizar HH verde se tomó en cuenta los datos obtenidos a partir de la interpretación de la imagen 5 donde se obtuvo la superficie de áreas boscosas, áreas sin cobertura vegetal, áreas de pastizales representada en el siguiente Cuadro.

Cuadro 13. Áreas Verdes en el Área Urbana del Municipio Entre Ríos

Cobertura	Área (m2)
Vegetacion Boscosa	2,093,407 m2
Pastizales	2,355,472 m2
Suelo Sin Cobertura Vegetal	1,456,796 m2

Fuente: Elaboracion Propia.

La información obtenida fue a través de la utilización del programa de ArcGIS donde se basó del plano de distribución por barrios del Diagnóstico del Plan de Desarrollo Municipal Entre Ríos, donde se identificará las áreas verdes. El Programa se utilizó debido a que no se cuenta con datos específicos de la Cobertura Vegetal en la Unidad de Catastro del GAMER donde Solo se obtuvo algunas impresiones en papel oficio de las áreas de recreación mencionadas en el mantenimiento de áreas verdes. Se puede verificar en el anexo 4.

Esta información es requerida para la asimilación de la ecuación 5b. de la HH verde posteriormente se realizará la utilización del programa Crowap donde se ingresarán los datos para cada módulo como se presenta a continuación.

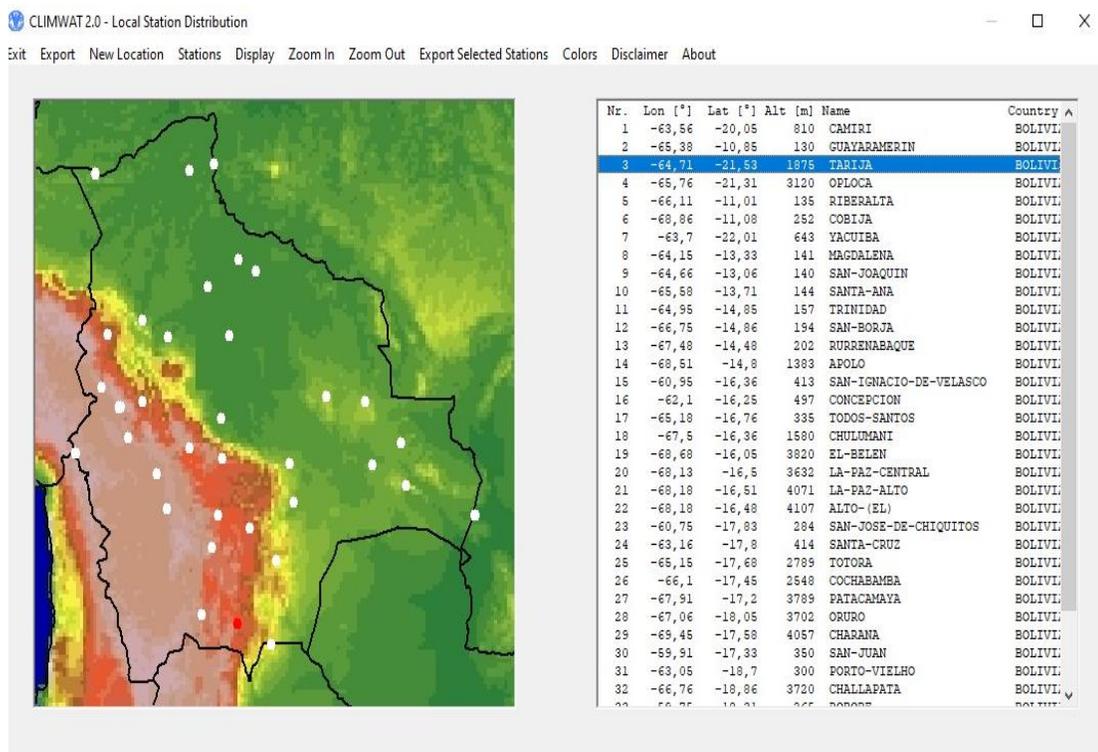
3.1.5.1. Obtención de Datos mediante los Programas Cropwat

- **CROPWAT para cuantificación de HH Verde**

El primer dato para la aplicación del CROPWAP se necesita datos del Clima donde se utilizó el Software CLIMWAP para la obtención de datos del Clima de la Estación Meteorológica de Tarija N° 456 a una Altitud 1875 m.

- Obtención de datos meteorológicos con el software CLIMWAT de la zona de estudio.

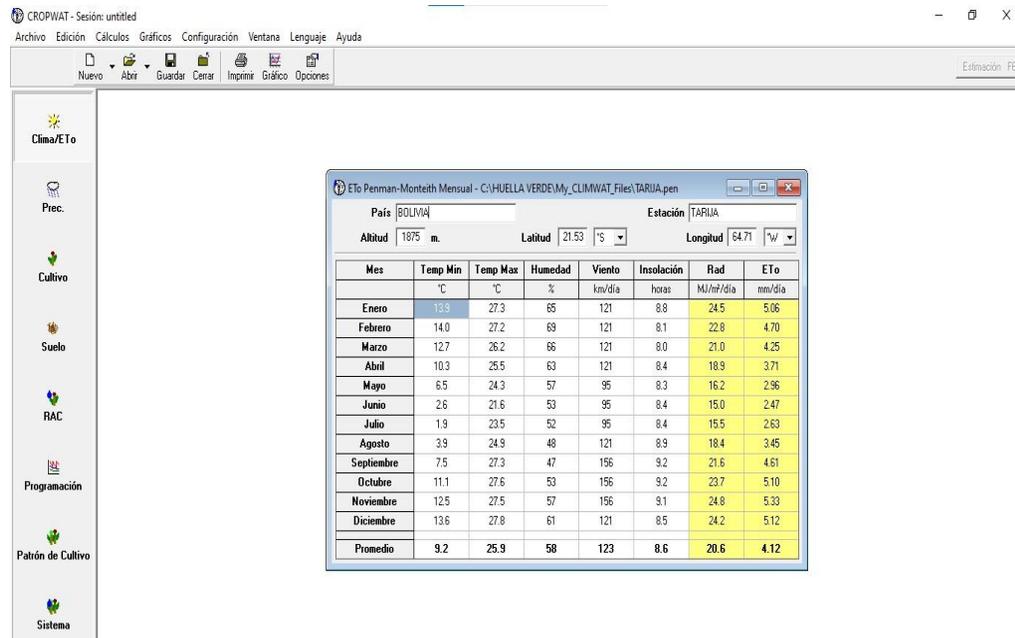
Imagen 6. Climwat estación Meteorológica



Fuente: Elaboracion Propia.

- Ingreso de datos en el Módulo clima de la Estación Tarija al Software Cropwat

Imagen 7. Datos del Clima Cropwat



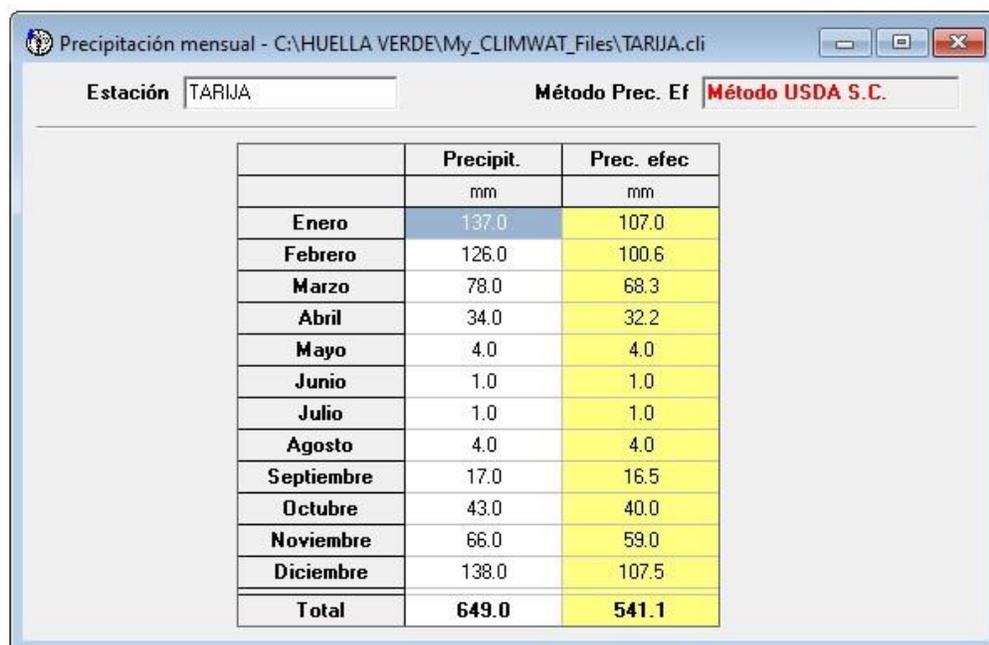
The screenshot shows the CROPWAT software interface. The main window is titled 'Eto Penman-Monteith Mensual - C:\HUELLA VERDE\My_CLIMWAT_Files\TARIJA.pen'. The location is set to Tarija, Bolivia, with an altitude of 1875 m, latitude of 21.53° S, and longitude of 64.71° W. The table below shows the monthly climate data:

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	13.9	27.3	65	121	8.8	24.5	5.06
Febrero	14.0	27.2	69	121	8.1	22.8	4.70
Marzo	12.7	26.2	66	121	8.0	21.0	4.25
Abril	10.3	25.5	63	121	8.4	18.9	3.71
Mayo	6.5	24.3	57	95	8.3	16.2	2.96
Junio	2.6	21.6	53	95	8.4	15.0	2.47
Julio	1.9	23.5	52	95	8.4	15.5	2.63
Agosto	3.9	24.9	48	121	8.9	18.4	3.45
Septiembre	7.5	27.3	47	156	9.2	21.6	4.61
Octubre	11.1	27.6	53	156	9.2	23.7	5.10
Noviembre	12.5	27.5	57	156	9.1	24.8	5.33
Diciembre	13.6	27.8	61	121	8.5	24.2	5.12
Promedio	9.2	25.9	58	123	8.6	20.6	4.12

Fuente: Elaboracion Propia

- Ingreso de datos al Módulo de precipitación de la Estación Tarija al Software Cropwat

Imagen 8. Precipitación y Precipitación Efectiva



The screenshot shows the 'Precipitación mensual' window in the software. The location is set to Tarija, and the method used is 'Método USDA S.C.'. The table below shows the monthly precipitation and effective precipitation data:

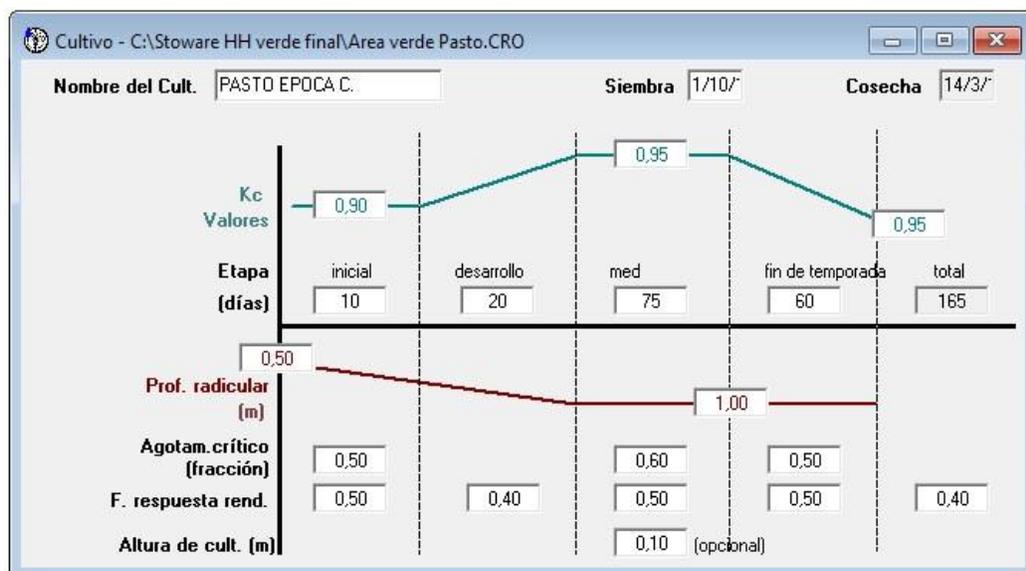
	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	137.0	107.0
Febrero	126.0	100.6
Marzo	78.0	68.3
Abril	34.0	32.2
Mayo	4.0	4.0
Junio	1.0	1.0
Julio	1.0	1.0
Agosto	4.0	4.0
Septiembre	17.0	16.5
Octubre	43.0	40.0
Noviembre	66.0	59.0
Diciembre	138.0	107.5
Total	649.0	541.1

Fuente: Elaboracion Propia

Posteriormente se ingresa al módulo de Cultivo donde los datos necesarios son extraídos del texto, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los Cultivos – Evaporación del Cultivo.

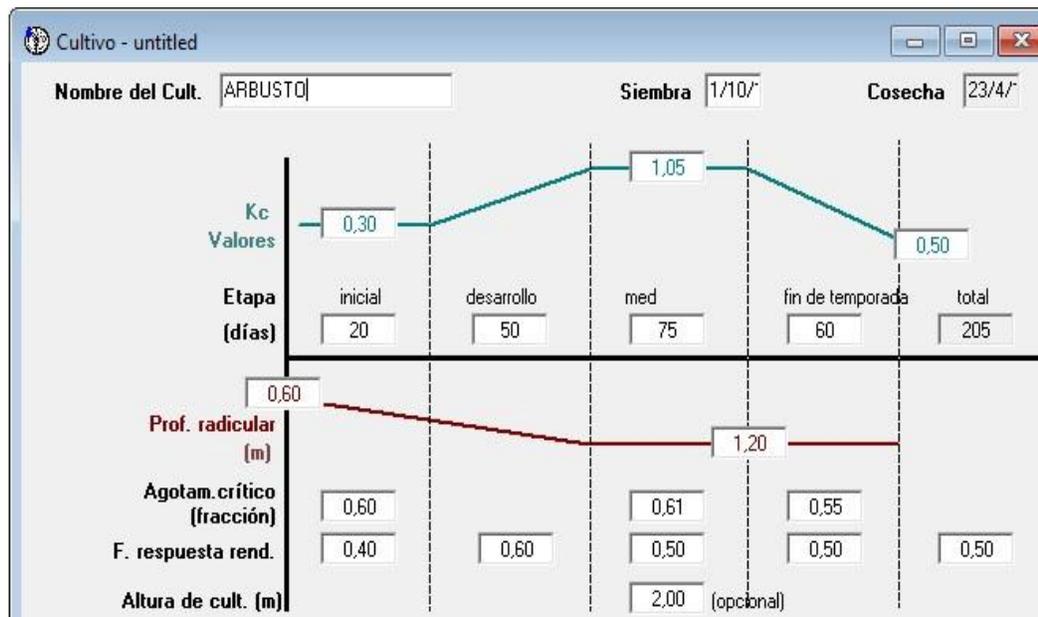
Las tablas en base al texto mencionado se encuentran en el anexo 4.

Imagen 9. Modulo Cultivo (Cobertura vegetal - Pasto)



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 10. Modulo Cultivo (Cobertura Vegetal – Arbusto)



Fuente: Elaboracion Propia

- Se prosigue con el módulo de Suelo donde será necesario la utilización del Soil Water Characteristics que es un programa que se utiliza para simular la tensión del agua del suelo, la conductividad y la capacidad de retención de agua en función de la textura del suelo, con ajustes para tener en cuenta el contenido de grava, la compactación, la salinidad y la materia orgánica. Estos datos se encuentran en el Anexo 4

Imagen 11. Módulo de Suelo Datos en base Soil Water

Nombre del suelo: Franco Arenoso		
Datos generales de suelo		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	100,0	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	188	mm/día
Profundidad radicular máxima	50	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	10	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	90,0	mm/metro

Fuente: Elaboracion Propia.

- Ingreso al Módulo RAC es el Requerimiento de Agua para la cobertura vegetal del Pasto para cada mes, donde se tomará en cuenta **ETc**, para la estimación de HH verde según la metodología del Manual para la Evaluación de la Huella Hídrica.

Imagen 12. Requerimiento de Agua para el Pasto

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	1	Inic	0,90	4,45	44,5	10,9	33,6
Oct	2	Des	0,91	4,67	46,7	13,5	33,1
Oct	3	Med	0,94	4,87	53,5	15,6	38,0
Nov	1	Med	0,95	4,99	49,9	16,7	33,2
Nov	2	Med	0,95	5,06	50,6	18,3	32,2
Nov	3	Med	0,95	4,99	49,9	24,2	25,7
Dic	1	Med	0,95	4,92	49,2	32,0	17,2
Dic	2	Med	0,95	4,86	48,6	38,1	10,4
Dic	3	Med	0,95	4,84	53,3	37,3	16,0
Ene	1	Med	0,95	4,83	48,3	35,9	12,4
Ene	2	Fin	0,95	4,81	48,1	35,9	12,2
Ene	3	Fin	0,95	4,69	51,6	35,1	16,5
Feb	1	Fin	0,95	4,56	45,6	35,0	10,6
Feb	2	Fin	0,95	4,44	44,4	34,7	9,6
Feb	3	Fin	0,94	4,29	34,3	30,7	3,6
Mar	1	Fin	0,94	4,15	41,5	26,4	15,0
Mar	2	Fin	0,94	4,01	16,0	9,2	4,6
					776,0	449,6	324,0

Fuente: Elaboracion Propia.

Imagen 13. Requerimiento de Agua para el arbusto

Mes	Decada	Etapas	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req. Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	1	Inic	0,30	1,48	14,8	10,9	4,0
Oct	2	Inic	0,30	1,53	15,3	13,5	1,8
Oct	3	Des	0,39	2,01	22,1	15,6	6,5
Nov	1	Des	0,54	2,85	28,5	16,7	11,8
Nov	2	Des	0,69	3,67	36,7	18,3	18,4
Nov	3	Des	0,84	4,40	44,0	24,2	19,8
Dic	1	Med	0,98	5,09	50,9	32,0	18,9
Dic	2	Med	1,03	5,29	52,9	38,1	14,8
Dic	3	Med	1,03	5,28	58,1	37,3	20,7
Ene	1	Med	1,03	5,26	52,6	35,9	16,8
Ene	2	Med	1,03	5,25	52,5	35,9	16,6
Ene	3	Med	1,03	5,12	56,3	35,1	21,2
Feb	1	Med	1,03	4,99	49,9	35,0	14,8
Feb	2	Med	1,03	4,86	48,6	34,7	13,8
Feb	3	Fin	1,01	4,59	36,7	30,7	6,0
Mar	1	Fin	0,93	4,09	40,9	26,4	14,5
Mar	2	Fin	0,84	3,57	35,7	22,9	12,8
Mar	3	Fin	0,74	3,03	33,3	18,8	14,5
Abr	1	Fin	0,65	2,53	25,3	14,5	10,8
Abr	2	Fin	0,56	2,07	20,7	10,4	10,4
Abr	3	Fin	0,50	1,73	5,2	2,2	1,5
					781,0	509,3	270,2

Fuente: Elaboracion Propia

3.1.5.2. Mantenimiento de las Áreas Verdes del área Urbana de Entre Ríos

En base a la información brindada por el responsable del mantenimiento del área verde Ing. Freddy Malco donde menciono lo siguiente:

En total son aproximadamente 8 hectáreas que se hacen mantenimiento que corresponde a los siguientes lugares.

- Plazuela Rafael Romack “La Cruz”
- Plaza Principal
- Plazuela del Adulto Mayor
- Mirador el Cristo
- Parque Infantil 6 de agosto
- Campo Deportivo La Cahuarina
- Campo Deportivo La Lomas
- Estadio El Guadalupano
- El cementerio

Indico que se riega 2 veces a la semana, generalmente los días martes y jueves donde se usa mangueras y desde de las 2:00 am a 6:00am son los periodos de riego equivalente a 3666,12 litros por semana, para los campos deportivos de Lomas, el Estadio, también el Mirador el Cristo se utiliza la Cisterna con una capacidad de 20. 000 litros equivalente a 40.000 litros por semana explico el responsable.

3.2. Resultados de la Cuantificación de la HH evaluadas (Indirecta, Azul, Gris, Verde). Para la Estimación de la Huella Hídrica en las viviendas del Área Urbana de la Poblacion Entre Ríos.

3.2.1. Calculo de la Huella Hídrica Indirecta

A continuación, se aplicó la Ecuacion para la estimación de HH indirecta

Ecuacion 4:

$$\text{HH indirecta (Ec. 4) } = \sum_{P} (\text{Cp} \times \text{HH prod})$$

Donde:

Cp = Cantidad de Productos consumidos (unidad/tiempo)

HHprod = Huella Hídrica Equivalente

A continuacion se representará los valores de la aplicación de la Ecuacion representada en el Cuadro 14. Tomando en cuenta los datos del cuadro de equivalencia de la HH hídrica mencionada anteriormente. Cuadro 4

Cuadro 14. Estimación de la HH Indirecta por Productos

PRODUCTO	CANTIDAD DE PRODUCTO (TON)	HUELLA HÍDRICA EQUIVALENTE (M³/TON)	HH INDIRECTA (M³)
CEREALES	0,195	1644	320.58
VERDURAS	0,220	322	70.84
FRUTAS	0,209	962	201.06
LÁCTEOS	0,179	1020	182.58
CARNE	0,424	8576	3636.22
TOTAL			4411.28 m³

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado se obtuvo que la HH indirecta total, es de **4411.28 m³**. La suma de la multiplicación de los materiales y productos consumidos por sus respectivas equivalencias hídricas.

La HH indirecta se refiere al volumen de agua incorporada o contaminada en toda la cadena de producción de un producto.

La huella hídrica indirecta es generalmente mucho más grande al abordar sólo su huella hídrica directa, los consumidores no toman en cuenta el hecho de que la mayor parte de su huella hídrica se asocia con los productos que compran en el mercado o en otro lugar, no en el agua que consumen en casa.

Esto refleja que para la producción de alimentos consumidos durante una semana por los encuestados de los barrios se quiere un 4411.28 m³/semana para su producción de los diferentes productos (carne, verduras, lácteos, etc.) Este volumen de agua mensual sería aproximado a **18405,5 m³ al mes**. Sin bien estos resultados solo son datos aproximados ya que es el uso indirecto de agua por parte de los productos alimenticios. Esto nos hace referencia a la necesidad del Recurso Hídrico en el sector agrícola donde

se podría compensar al menos una cantidad de este volumen de agua a través del uso de aguas residuales tratadas utilizables para riego de cultivos, logrando así un ciclo de agua urbano aprovechando hasta un 60% las aguas residuales permitiendo disminuir la HH gris de la población.

La HH indirecta en Comparación a otras localidades dependerá mucho del tamaño de su población y sus hábitos alimenticios de cada hogar. Por ejemplo, en el departamento de Santa Cruz se midió la HH indirecta del producto más consumido, que es el papel para impresión.

A comparación de las encuestas en los barrios de Entre Ríos indican que el producto más consumido de la canasta Familiar es la carne seguido de las verduras como alimentos primordiales para la cocina.

3.2.2. Cálculo de Huella Hídrica Azul

Entonces en base a lo obtenido de la información se realizó el siguiente cálculo.

Ecuación 2:

$$\mathbf{HH\ Azul\ (Ec\ 2a) = Afluyente - Efluente}$$

Dónde:

- El afluente es el volumen de agua usada en la actividad evaluada
- El efluente es el volumen de agua calculada.

$$\mathbf{HH\ Azul = 22,1\ lts/s - 17,46\ lts/s = 4,24\ lts/s}$$

Convirtiendo a m³

$$\frac{4,24\ lts}{s} \times \frac{1m^3}{1000lts} = 0.00424\ m^3/s$$

Convirtiendo a consumo por día

$$\frac{0.00424\ m^3}{s} \times \frac{86400\ s}{1dia} = 366.336\ m^3/dia$$

Como resultado se obtuvo de la HH Azul por día en la población es de 366.336 m³ donde los 4,24 lts/s son asociadas a las actividades que realizan a diario el sector residencial de la población, es decir el consumo de agua en las distintas actividades cotidianas de cada familia del área urbana del Municipio de Entre Ríos.

Si bien los datos no están basados en una lectura de medidor de agua en las viviendas, sino a la dotación de los tanques de almacenamiento de agua potable como afluente, y como efluente los datos estimados en la HH gris de los distintos puntos de descargas de la ARU. Esto debido a que no existe una empresa privada encargada de fiscalizar el servicio de Agua Potable y la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales, lo que brindaría una información clara para este estudio.

La HH Azul producida al mes sería de 10990.08 m³ al mes este dato es un indicador de uso consuntivo del agua llamada azul, es decir, agua dulce de superficie o subterránea. Que se evapora, o el agua que se incorpora a un proceso como también el agua que no vuelve a la misma zona de flujo, por ejemplo, es devuelta a otra zona de captación etc. En este caso el agua captada del Río Trancas perteneciente a la Sub Cuenca Salinas.

Cuadro 15. Comparación de las HH azul

Área de Estudio	HH azul	Poblacion/gestión
Entre Ríos	<ul style="list-style-type: none"> • 366,3 m³/día • 10990,08 m³/mes • 133.712,6 m³/año 	6603 hab. - 2021
Tarija	787.125 m ³ /año	256.488 hab. - 2015
Santa Cruz	7.348.724 m ³ /año	1.517.505 hab. - 2014
La Paz	1.788.413 m ³ /año	835.481 hab. - 2012

Fuente: Elaboracion Propia

Los datos del Cuadro 15 son resultados de las HH azul del sector residencial en los departamentos que formaron parte del Proyecto Huella Ciudades y los datos de la

Estimación de la HH azul de la zona urbana de Entre Ríos correspondientes a los nueve barrios.

Los estudios de Huella Hídrica en la Ciudad de Tarija realizados en la gestión 2015 muestran que la HH azul tiene un volumen de 787.125 m³/año correspondiente al sector residencial que representa el 4% de la Huella Hídrica. Lo mismo para la Ciudad de La Paz su HH azul en la gestión 2012 tiene un volumen 1.788.413,08 m³/año que representa el 2% de Huella Hídrica, así también los datos de la Ciudad de Santa Cruz con una HH azul de 7.348.724 m³/año siendo el mayor de las tres Ciudades. Estos resultados muestran que la HH azul depende mucho del crecimiento poblacional y que el sector residencial es el que mayor aporte genera a la huella.

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 Entre Ríos.

Para este cálculo se tomó en cuenta el valor de 63,5 lts/día como per cápita según lo estimado por Monzón 2020.

Ecuacion 2:

HH Azul (Ec. 2b) = HH Azul per cápita * N° de Habitantes

$$\text{HH Azul} = 63,5 \frac{\text{lts}}{\text{día}} \times 6603\text{h} = 419.290,5 \frac{\text{lts}}{\text{día}}/\text{h}$$

Convirtiendo a m³

$$\frac{419,290 \text{ lts}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 419,29 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

En base a la Ecuacion HH azul (2b) muestra que para una población de 6603 habitantes (área urbana de Entre Ríos) que consumen al día 63.5 litros de agua su HH azul es de 419,29 m³/día estimando al mes un volumen aproximado 12578.7 m³

Esto a comparación de la Ecuacion HH azul (2a) que el resultado es de 10990,08 m³/mes se puede apreciar que los resultados varían con una mínima diferencia de 1588,6 m³/mes de agua azul no contabilizada o no registrada.

3.2.3. Cálculo de la Huella Hídrica gris

En base a los resultados obtenidos en la medición de caudales de las ARU (Agua Residuales Urbanas) y las tomas de muestra donde se tomó en cuenta el parámetro DBO5.

Ecuación 3:

$$\text{HH Gris (Ec. 3)} = \frac{(V_{\text{efl}} * C_{\text{efl}}) - (V_{\text{afl}} * C_{\text{afl}})}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

Dónde:

- **V_{efl}**: Volumen del efluente
- **V_{afl}**: Volumen del afluente
- **C_{efl}**: Concentración en el efluente en base al parámetro DBO5
- **C_{afl}**: Concentración en el afluente en base al parámetro DBO5
- **C_{max}**: Concentración máxima del parámetro DBO5 en el cuerpo receptor según la normativa ambiental ley 1333
- **C_{nat}**: Concentración natural libre de impactos antropogénicos del parámetro DBO5

Reemplazando en la Ecuación:

$$\text{HH Gris (Ec. 3)} = \frac{\left(17,86 \frac{\text{lbs}}{\text{s}} \times 367 \frac{\text{mg}}{\text{lbs}}\right) - \left(22,1 \frac{\text{lbs}}{\text{s}} \times 90 \frac{\text{mg}}{\text{lbs}}\right)}{300 \frac{\text{mg}}{\text{lbs}} - 96 \frac{\text{mg}}{\text{lbs}}}$$

$$\text{HH Gris (Ec. 3)} = \frac{\left(6554,76 \frac{\text{mg}}{\text{s}}\right) - \left(1989 \frac{\text{mg}}{\text{s}}\right)}{204 \frac{\text{mg}}{\text{lbs}}}$$

$$\text{HH Gris (Ec. 3)} = \frac{\left(4565,76 \frac{\text{mg}}{\text{s}}\right)}{204 \frac{\text{mg}}{\text{lbs}}}$$

$$\text{HH Gris (Ec. 3)} = 22,38 \text{ lbs/s}$$

Convertido m³/dia

$$\frac{22,38 \text{ lts}}{\text{s}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 1933.63 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Como resultado se obtuvo que la HH Gris del área urbana es de 22.38 lts/s equivalente por día a **1933,63 m³** es decir las descargas de Aguas Grises de los Barrios que conforman el Municipio de Entre Ríos, donde indica un porcentaje mayor en comparación a las otras HH evaluadas dentro de este estudio.

Cuadro 16. Comparación de las HH gris

Departamentos/provincia	HH gris	Poblacion/gestión
Entre Ríos	<ul style="list-style-type: none"> • 1.933,63 m³/día • 58.008,9 m³/mes • 705.774m³/año 	6603 hab. - 2021
Tarija	12.649.592 m ³ /año	256.488 hab. - 2015
Santa Cruz	95.928.427 m ³ /año	1.517.505 hab. - 2014
La Paz	175.098.262 m ³ /año	835.481 hab. - 2012

Fuente: Elaboracion Propia

La HH gris generada al año seria **705.774 m³** que a comparación de otros estudios relacionados en Tarija que formo parte de la fase III del Proyecto Huella de Ciudades donde indica un promedio de 12.649.592 m³/año HH gris de efluentes-alcantarillado vertido al rio correspondientes al sector residencial es decir los barrios la Ciudad de Tarija

Que al igual que la poblacion de Entre Ríos estas aguas grises son vertidas directamente al Rio Santana y el Rio Pajonal donde se localizó los efluentes de ARU, Tomando en cuenta las descargas al alcantarillado público.

En comparación a los resultados obtenidos en la medición de la Huella Hídrica de las ciudades de Latinoamérica muestran que el sector residencial es el más importante en todas las ciudades (principalmente por el aporte de la Huella Hídrica gris, es decir el agua residual que se genera y que no es tratada); según datos del Banco Mundial, aproximadamente un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas.

En los resultados del Cuadro 16, se puede observar que en las ciudades con mayor población de Bolivia como lo es en Santa Cruz de la Sierra y La Paz, presenta una mayor HH gris donde existe una mayor cantidad de habitantes.

Es importante poder entender que las aguas grises no tratadas de la población de Entre Ríos son vertidas directamente al Río, lo que hace más de mayor relevancia la HH gris, para asimilar la carga contaminante de las ARU.

3.2.4. Cálculo de la Huella Hídrica Verde

Para la estimación del cálculo de la huella hídrica verde se realizará en base a lo obtenido de del Programa Crowap 8.0 y también se tomó en cuenta la información del Ing. Freddy Malco Responsable del cuidado de áreas verdes.

La HH Verde en base a los resultados de los programas utilizados se presenta a continuación.

HH Verde (Ec. 4a) = HH Verde pastizales + HH verde vegetación boscosa

$$\begin{aligned} \text{HH Verde (Ec. 4a)} &= 94.454.427 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2} + 30.982.423 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2} \\ &= 125.436.850 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} / \text{m}^2 \end{aligned}$$

Para la cuantificación de la HH verde de cualquiera de las superficies tomadas en cuenta, se utilizan las siguientes ecuaciones:

HH Verde (Ec. 4b) = CWU verde × Superficie Areas Verdes

$$\text{HH Verde (Ec. 4b)} = 40.1 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} \times 2.355.472 \text{ m}^2 = 94.454.427 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2} \text{ pastizales}$$

$$\text{HH Verde (Ec. 4b)} = 14.80 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} \times 2.093.407 \text{ m}^2 = 30.982.423 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2} \text{ arbusto}$$

Donde:

CWU verde: Es el uso de agua de lluvia de la Cobertura Cuantificada.

Superficie de áreas verdes: (ha) de la cobertura cuantificada.

El valor de **CWU verde** se calculó con la siguiente formula:

$$\text{CWU verde (Ec. 4c)} = 10 \times \sum_{d=1}^{\text{Lgp}} \text{ET verde}$$

$$\text{CWU verde (Ec. 4c)} = 10 \times 4,01 \frac{\text{mm}}{30 \text{ días}} = 40.1 \text{ mm/mes pastizales}$$

$$\text{CWU verde (Ec. 4c)} = 10 \times 1,48 \frac{\text{mm}}{30 \text{ días}} = 14,80 \text{ mm/mes arbusto}$$

Donde:

CWU verde: Es el componente verde en el uso de agua de las plantas, es decir, el aprovechamiento de agua de la lluvia por partes de las plantas.

ET verde: Es la evapotranspiración del agua verde, agua de lluvia, y está definida por la siguiente relación

$$\text{ET VERDE} = \min(\text{ETc}, \text{peff})$$

$$\text{ET Verde} = \min (4,01 \text{ mm/mes}) \text{ pastizales}$$

$$\text{ET Verde} = \min (1,48 \text{ mm/mes}) \text{ arbusto}$$

ETc: es la evapotranspiración verde acumulada en base a Peff.

Peff: se refiere a la precipitación pluvial efectiva

Lgp: Se refiere a la longitud del tiempo evaluado en días, es decir, si se cuantifica un mes, entonces el Lgp será 30 días.

Como resultado se obtuvo que la HH verde es igual 125.436.850 mm/mes/m² es decir lo obtenido mediante el Programa Cropwat 8.0 es resultado del requerimiento de Agua en este caso no son cultivos específicamente sino las coberturas vegetales del área urbana de Entre Ríos que se ha identificado para su estimación, entonces decimos que para una superficie de 4.448.879 m² de cobertura vegetal se requiere de Agua 125.436.850mm tomando en cuenta el valor que en 1mm = 1litros/m².

El programa de cómputo Cropwat es una herramienta muy útil por las diferentes estimaciones y cálculos que realiza. Con lo que respecta al cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET₀) utiliza el método de Penman-Monteith, que tiene un amplio uso actualmente en los trabajos científicos relacionados con el uso del agua.

Finalmente, los resultados obtenidos no serán tomados en cuenta para la sumatoria de la Huella Hídrica final debido a que son valores elevados donde la precipitación en la zona satisface las necesidades para las coberturas vegetales. Pero son importantes para el manejo de los recursos hídricos principalmente en la Agricultura recomendado por la FAO.

3.2.4.1. Calculo de mantenimiento de Áreas Verdes

Como resultado de la información brindada se tiene que el volumen de agua usado es igual a 3.666 litros/semana. Este dato se interpretó de la siguiente manera donde:

- 3.666 litros promedio de riego de mantenimiento durante una semana
- Se llevará a m³ durante un mes y se sumará el volumen 40.000 litros volumen de la cisterna

$$\frac{3.666 \text{ litros}}{7 \text{ dias}} \times \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} = 15.7 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\frac{15.7 \text{ m}^3}{\text{mes}} + \frac{40 \text{ m}^3}{\text{mes}} = \frac{55.7 \text{ m}^3}{\text{mes}}$$

Como dato total correspondiente a un mes es de 55,7 m³ de agua para mantenimientos de las 8 hectáreas de áreas verdes mencionadas. Este valor será parte de la sumatoria de la Huella Hídrica total debido a que es un uso directo del agua incluso de agua potable (HH azul).

3.2.5. Calculo 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:

Ecuacion 1.

$$\mathbf{HH\ Hídrica = HH\ Indirecta + HH\ Gris + HH\ Azul + HH\ Verde}$$

donde:

- **HH Indirecta:** 18405,5 m³/mes
- **HH Azul:** 10990,08 m³/mes
- **HH Gris:** 58008,9 m³/mes
- **HH Verde:** 55,7 m³/mes (solo de mantenimiento de áreas verdes)

Reemplazando

$$\mathbf{HH\ Hídrica = 18.405,5 + 10.990,08 + 58.008,9 + 55,7}$$

$$\mathbf{HH\ Hídrica = 87.460,18\ m^3/mes}$$

Como resultado se obtuvo en la Poblacion de Entre Ríos correspondiente a los 9 barrios de la zona Urbana es de 87.420,18 m³/mes.

Para la comparación de este dato se estimará la Huella Hídrica directa es decir la HH azul + HH gris, en base a resultados del sector residencial de las Ciudades de Tarija, Santa Cruz y La Paz.

Cuadro 17. Comparación de la HH Directa

Zona de Estudio	HH azul (m3)	HH gris (m3)	HH Directa	HH Directa Total (todos los Sectores)
Entre Ríos	10.999,08 m ³ /mes	58.008,9 m ³ /mes	68.999,7 m ³ /mes 827.996,4 m ³ /año	No estimado
Tarija	787.125 m ³ /año	12.649.592 m ³ /año	13.436.717 m ³ /año	29.348.364 m ³ /año -2015
Santa Cruz	7.348.724 m ³ /año	95.928.427 m ³ /año	103.277.151 m ³ /año	474.339.589 m ³ /año - 2014
La Paz	1.788.413 m ³ /año	175.098.262 m ³ /año	176.886.675 m ³ /año	208.489.287 m ³ /año - 2012

Fuente: Elaboracion Propia.

Estos datos ubican a la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra como el mayor generador de HH Directa, que en relación a las otras ciudades y la población de Entre Ríos la diferencia es por millones de m³.

Cabe recalcar la población de habitantes es motivo principal de la diferencia de valores en la estimación de la Huella Hídrica. Como se mostró en las tablas de comparaciones de HH azul y gris, vemos que la Ciudad de Tarija su población para la gestión 2015 es de 256.488 habitantes y en el presente trabajo se estimó una población de 6603 habitantes de la zona urbana de Entre Ríos. Si lo analizamos de la siguiente manera:

❖ **Relación población (Tarija) – consumo (Entre Ríos)**

$$\begin{array}{l}
 6.603 \text{ hab.} \text{-----} 827.996 \text{ m}^3/\text{año} \\
 256.488 \text{ hab.} \text{-----} \quad \quad \quad \mathbf{X} \\
 \mathbf{X = 32.162.810 \text{ m}^3/\text{año}}
 \end{array}$$

Podemos deducir que la HH directa en relación a la población de la Ciudad de Tarija y el consumo por año de la zona urbana de Entre Ríos nos daría un volumen mayor ($\text{m}^3/\text{año}$) de HH directa. Si vemos la Ciudad de Tarija genera al año $13.436.717 \text{ m}^3$ y en esta relación nos da $32.162.810 \text{ m}^3$ al año, nos indicaría si la población de Entre Ríos contara con la misma cantidad de Habitantes que la Ciudad de Tarija el consumo de Agua sería más alto de la Zona Urbana de Entre Ríos. Indicando que la HH Directa de $827.996 \text{ m}^3/\text{año}$ actual para una mayor población afectaría los recursos hídricos donde cada vez más escaso debido al cambio climático, a la contaminación del agua y al aumento de la población.

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

Esto hace que Bolivia ocupa el tercer puesto en la clasificación mundial de países con mayor Huella Hídrica (producción y consumo). El promedio mundial de la HH es de 1.385.000 litros por persona al año indico la fundación Aquae.

Estas Huellas de Agua fueron calculadas en base al Manual para la evaluación de la huella hídrica” elaborado por Water Footprint Network.

Las ideas y procedimientos presentados en esta norma global se basan en gran medida en la obra significativamente del Prof. Dr. Arjen Hoekstra.

3.3. Resultado del Análisis de la sostenibilidad para plantear estrategias de reducción de consumo de agua en función a los resultados obtenidos en el consumo del recurso hídrico.

En base a la estimación de la HH azul y HH gris se realizará el análisis de la Sostenibilidad de la huella hídrica.

3.3.1. Análisis de HH Azul

A continuación Ecuación a aplicar

$$\text{Sostenibilidad HH azul (Ec.5)} = \frac{\sum \text{HH Azul}}{\text{Disponibilidad Natural}}$$

- Donde como resultado HH azul es de 366,336 m³/dia
- La disponibilidad Natural según Ortega 2020 nos indica que el caudal aproximado del río Trancas es de 236,26 litros por segundo.

$$\text{Sostenibilidad HH azul (Ec.5)} = \frac{366.336 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}}{20412 \text{m}^3/\text{dia}} = 0,016$$

Como resultado se obtuvo que la sostenibilidad de la HH azul es de 0,016 menor a 1 entonces se puede concluir que el impacto ambiental en cuanto al consumo de agua no existe o no es significativo como lo indica en la tabla 3 de la metodología cuanto mayor sea a 1, la situación es peor.

Esto se puede atribuir a que para el análisis de la sostenibilidad del recurso hídrico es importante su estudio de la Huella Hídrica en tiempo de estiaje y mejor durante todo el año para obtener puntos críticos donde los caudales de consumo afectan la disponibilidad natural del Agua en los meses que se presentan las sequias.

Así también para conocer la sostenibilidad del recurso hídrico en la Poblacion de Entre Ríos es importante el estudio de otros sectores que aumentará los resultados de cuantificación de las HH azul.

Este análisis está en base a la HH azul en las viviendas del área urbana de Entre Ríos correspondiente a los nueve barrios y la disponibilidad Natural del Rio Trancas información recopilada por Ortega 2020. Donde el Caudal del rio se aforo después de las 2 primeras lluvias.

3.3.2. Análisis de la HH Gris

A continuacion Ecuacion a aplicar

$$\text{Sostenibilidad HH gris (Ec.6)} = \frac{\sum \text{HH gris}}{\text{Disponibilidad real del agua en cuenca}}$$

- Donde como resultado HH azul es de 1933,77 m³/mes
- La disponibilidad real del agua según Ortega 2020 nos indica que el caudal aproximado del río Trancas es de 236,26 litros por segundo.

$$\text{Sostenibilidad HH gris (Ec.6)} = \frac{1933.77 \frac{m^3}{\text{día}}}{20412 \frac{m^3}{\text{día}}} = 0.09$$

Como el resultado se obtuvo que el índice de contaminación hídrica es de 0,09 menor a 1 entonces se puede concluir que el impacto ambiental en cuanto al consumo de agua no es significativo.

Al igual que la sostenibilidad de la HH Azul el resultado es menor a uno esto se podría atribuir debido a que solo se estimó los barrios de la Poblacion de Entre Ríos, sin tomar en cuenta otros sectores a evaluar lo que aumentaría la HH gris. Por otra parte, es importante realizar la medición del caudal de los ríos Pajonal y Santa Ana donde son vertidas las aguas grises generadas por la poblacion que están conectadas a un sistema de alcantarillado, pero terminan siendo afluentes directos de aguas residuales. Esto permitiría conocer la capacidad de la cuenca de depurar por si sola la contaminación hídrica generada.

Si bien los resultados indican que los recursos hídricos no se ven afectados, pero la problemática de la contaminación de los ríos es alarmantes debido que no cuentan con ningún tratamiento en estos puntos de descargas que están cerca de la zona urbana de Entre Ríos y son lugares de recreación de la poblacion, donde sus aguas son captadas para riego de cultivo, entre otras actividades.

Por lo tanto, es importante plantear estrategias de reducción de consumo de agua para que la sostenibilidad del recurso hídrico no se vea afectada ante el crecimiento de la poblacion y los cambios climáticos que puedan afectar.

3.3.3. Estrategias de Reducción de Consumo en base a los resultados Obtenidos

Las estrategias planteadas están relacionadas con los resultados de las HH evaluadas y los hábitos de consumo del recurso Hídrico reflejado en las encuestas a la poblacion.

La importancia en las estrategias planteadas está relacionada como medidas primordiales para la toma de decisiones y acciones con respecto al cuidado del recurso hídrico de la zona (rio Tambo zona de captación, rio Santa Ana, rio Pajonal, afluentes del rio Salinas) tanto de la población y el Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos. De acuerdo a esto la entidad competente del servicio tiene la obligación del colocado de medidores en las viviendas tomando como referencia el Capítulo 2 - Instalaciones domiciliarias de agua potable del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. También debido a esto se sugirió como estrategias brindar charlas para el cambio de hábito de consumo del agua debido a que muchas veces existe un uso irracional del agua por no contar con el medidor, otra estrategia planteada es el reciclaje del agua en las viviendas para ello es necesario informar a la población desde una temprana edad como otra estrategia el enseñar la importancia del cuidado del medio ambiente. Por otra parte, se sugirió como estrategia en relación al crecimiento poblacional urbano la instalación de sistemas ahorradores para duchas e inodoros para las viviendas y así también poder sugerir a las ferreterías que comercialicen a las nuevas construcciones de viviendas fomentando el ahorro de agua. Así también se sugirió como estrategia en relación al consumo de alimentos que presenta la población fomentar a un cambio en su alimentación más sana y con menor requerimiento de agua logrando así disminuir la huella hídrica indirecta o agua virtual que generalmente no se conoce.

Finalmente, como estrategia final se recomendó algunas alternativas para la sostenibilidad de la cuenca de los ríos Tambo y Trancas.

3.3.3.1. Estrategia N°1 instalación de medidores

Según el responsable de recaudación de impuestos informa que si cuenta con medidores de agua en la mayoría de las viviendas, solo que no están en uso, esto nos daría la posibilidad de que el GAMER como entidad encargada del Servicio básico a través de su Dirección de Agua Potable y Servicio de Saneamiento, ponga en funcionamiento estos medidores y poder monitorear detalladamente los niveles de agua, conocer con exactitud la cantidad de agua consumida durante el mes que se reflejaran en las facturas

por viviendas con tarifa más equitativa, donde permitirá el uso racional del mismo ya que esto influirá en el cobro.

Con el uso de los medidores de agua, bien sea en nuestro trabajo o domicilio, estamos actuando como ciudadanos responsables ya que estos artefactos promueven el ahorro y el consumo responsable de agua.

También se puede afirmar que la mayoría de los habitantes están de acuerdo en que se dé el uso de estos medidores, debido a los cortes de agua que se presentan donde la queja de la población es que no todos hacen uso debido.

Finalmente se puede decir que un medidor de agua, medidor de desplazamiento o velocidad, mide la cantidad de flujo que pasa a través de él, y ofrece numerosas ventajas tales como:

- El consumidor sólo tiene que pagar en proporción de lo que consume.
- Se disminuyen los desperdicios con ahorro económico para todos.
- El consumidor cuidadoso se beneficia y el descuidado se perjudica.

3.3.3.2. Estrategia N°2 Cambio en los hábitos de consumo de Agua

Esta estrategia tiene como objetivo tratar de modificar el comportamiento de los miembros de la población de Entre Ríos referente al consumo de agua para lograr un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico fomentando la responsabilidad ambiental, estos cambios claramente están enfocados en la conducta social de los individuos. Es importante tener presente que cuando se plantean estrategias que produzcan cambios en los hábitos de consumo de las personas.

Por ejemplo.

- Cuando nos cepillamos los dientes mantener el grifo cerrado hasta el enjuague y utilizar un vaso.
- Reparar fugas de agua de grifos y tuberías.
- Al momento de lavar los platos, es mejor hacerlo inmediatamente después de la comida para evitar que se sequen los residuos de la comida, y tener que usar

más agua para la remoción. Es preferible remojar y enjuagar todo a la vez, y evitar tener la llave abierta durante todo el proceso. El 85% de los encuestados lava de 2 a 3 veces por día.

- Regar las plantas en las horas las horas más frescas del día ya que esto ayudara a evitar la evaporación y daños a las plantas.

Esto partirá de publicaciones, charlas, folletos, pancartas, etc. Que se pueda brindar a la poblacion para su educación con respetos a los recursos hídricos.

3.3.3.3. Estrategia N°3 Brindar Charlas de Educación Ambiental

Reducir el consumo de agua con la estrategia de Talleres, campañas, foros de Educación Ambiental debería ser una obligación de las Autoridades respectivas de brindar regularmente charlas a la poblacion de Entre Ríos.

Esto permitirá crear conciencia por parte de los pobladores siendo los actores principales del consumo de Agua. Si bien esto no es un resultado rápido de lograr un uso del agua pensando en el desarrollo sostenible sino un proceso de aprendizaje que a la larga conlleva resultados.

Esto sería importante al brindar información a los habitantes desde temprana edad, es decir empezar desde la Niñez, asistiendo a las Escuelas, Colegios, Etc. Donde las personas tienen mejor aprendizaje y crean una mejor conciencia.

3.3.3.4. Estrategia N°4 Instalación de sistemas ahorradores en Baños y Duchas en las viviendas

En base a las encuestas realizadas se puede observar que en la mayoría de las viviendas cuenta con baños convencionales es decir baños con mayores litros por descargas. Para esto sería importante que las nuevas construcciones de viviendas tomen medidas acerca del ahorro de agua para la vivienda donde con las instalaciones de grifos economizadores se puede ahorrar hasta 50% en la cocina y en el baño. Por ejemplo, los inodoros estándar o convencionales pueden llegar a emplear entre 6 a 16 litros, pero los sistemas modernos en este caso de inodoros ahorradores que están compuesto por un pulsador con dos botones, los cuales tienen etiquetados los litros de agua que se

utiliza en la descarga completa o media así de esta manera se generan consumos mucho más eficientes, reduciendo por descarga hasta 5 litros, existen también otras alternativas de ahorro como la de inodoros ecológicos que no usan agua, pero este sistema es poco conocido y no muy aceptado por los individuos.

Otro punto clave es el tiempo que se demora una persona en tomar una ducha, lo que recomienda la OMS para un uso sostenible de agua es tardarse aproximadamente 5 minutos por ducha, este dato difiere con el resultado de los encuestados, ya que el 40% de ellos es de 5 a 10 minutos por ducha, así se observa la necesidad de que las personas opten por dicha propuesta para obtener un consumo más eficiente y sostenible.

3.3.3.5. Estrategia N°5 Cambios Alimenticios

Como se observa en la cuantificación de la HH Indirecta en la Poblacion de Entre Ríos se ve un porcentaje alto con respecto al consumo de carne esto es importante con respecto al consumo de agua cuando hablamos de las equivalencias Hídricas, ya que, para los productos de Carne Vacuna, Porcina o de pollo se necesitan equivalencias alrededor de 8756 m³/ton.

En cambio, para el consumo de verduras es mucho menor las equivalencias Hídricas alrededor de 322 m³/ton.

Para reducir la HH indirecta mediante los cambios alimenticios es importante que la población tome en acciones primeramente con reducir los alimentos con mayor HH, con otros de menor, otra opción es de continuar con el mismo patrón de Consumo, pero evitar alimentos específicos, por ejemplo. Una taza de té en vez de una taza de Café, que se necesitan aproximadamente 18.900 litros de agua para producir un kilo de café tostado.

Otras opciones son las siguientes:

- ✓ Reducir en la medida de lo posible el desperdicio de alimentos, ya que éstos también implican desperdiciar energía y agua.
- ✓ Consumir alimentos de la zona ya que esto ayudara a apoyar la agricultura sostenible.

3.3.3.6. Estrategia N° 6 Reciclaje del Agua en las Viviendas

El reciclado del agua en las viviendas, se centra en el aprovechamiento y aumento de los usos del agua donde las principales actividades en que más se gasta es en la cocina con 39% y el aseo un 36% seguido por el lavado de vehículos, jardín entre otras con menor porcentaje. Al tener conocimiento de los hábitos de gastos de agua que refleja la población se recomienda las siguientes medidas:

- **Medida N°1 – Aprovechamiento de agua de lluvia.**

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Entre Ríos varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 4,5 meses, de 15 de noviembre a 29 de marzo, con una probabilidad de más del 42 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Entre Ríos es enero, con un promedio de 19,0 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

En cuanto a estos datos se planteó que la población de Entre Ríos aproveche el agua de lluvia logrando almacenar para su posterior aprovechamiento en actividades como la cocina, riego, etc. Sin embargo, lo más importante es adecuar las viviendas por ejemplo es necesario que nuestra cubierta cuente con una red de recogida de agua.

- **Medida N° 2 - lavado de autos en lavanderías**

Si bien en la encuesta muestra que un porcentaje de la población que cuenta con vehículos lavan en su vivienda haciendo uso de agua potable donde generalmente no tienen un uso medido.

Para esto es importante que las lavanderías del lugar cuenten con sistemas de reciclaje del agua. Lo que permitirá brindar el servicio y el ahorro del agua también es importante las tarifas accesibles para la población.

- **Medida N° 3 - Agua con jabón para inodoro**

Para lavar los platos o la ropa se invierte agua que podría ser utilizada dos veces. En la mayoría de ocasiones los hogares almacenan el agua con jabón para emplearla en los sanitarios, ya que no se necesita que sea 100% pura.

- **Medida N° 4 – lavar alimentos con tazas**

Lavar los alimentos en una taza sería una forma apropiada en que no se mantenga la llave abierta por un largo tiempo. Este procedimiento lo puede tener en cuenta cuando quiera cocinar y tenga que enjuagar algunos alimentos como vegetales.

El reciclaje del agua en la población de Entre Ríos no es tema muy hablado, pero para información de la población estas son algunas medidas que se podrían aplicar para un mejor aprovechamiento del recurso hídrico en las viviendas.

- **Medida N° 5 – No arroje basura en los inodoros**

Aunque parece obvio, una de las malas prácticas que tienen las personas en los hogares es utilizar el inodoro como cubo de basura. Esto puede generar que el retrete no funcione adecuadamente por los residuos y al final se termine consumiendo más agua o se desperdicie mientras se intenta bajar los desechos.

3.3.3.7. Estrategia N°7 Sostenibilidad de la Cuenca

Como se mencionaba el agua captada para dotación de la población proviene de los ríos Trancas y Tambo, en el cual se trabajó con datos de estudios realizados de la zona, con el trabajo realizado ahora se pudo analizar que la sostenibilidad no se ve afectada debido que no se incluye todos los sectores a estudio sin embargo cabe denotar posibles problemas a futuros del recurso hídrico frente a la problemática del crecimiento poblacional y los cambios climáticos a nivel mundial. En respuesta a esta situación se ve la necesidad de brindar estrategias en cuanto al manejo de la cuenca. Donde se sugieren las siguientes alternativas.

- **Alternativa N°1- Proteger el área de la Cuenca**

Es importante contar con un plan de manejo de la cuenca donde el GAMER haga un estudio completo actualizado del manejo integral de la cuenca. (M.I.C.)

Para la protección de la cuenca es indispensable declarar área de reserva primeramente esto debido a que los pobladores de la comunidad cercana hacen tala de árboles, pastoreo de ganado, abarcando incluso la parte alta de la cuenca. Para dar solución a esta situación se recomienda reforestar en las cabeceras de la cuenca logrando disminuir las pérdidas de los suelos y no afectando los cursos de agua (vertientes, quebradas, arroyos).

Con frecuencia la protección de cuencas implica resolver conflictos sobre propiedad de tierras, delimitar las propiedades, planificar el flujo de aguas, establecer convenios entre vecinos sobre la utilización de tierras y agua, recaudar y compartir los recursos necesarios para realizar las tareas necesarias.

En muchas comunidades no es fácil llevar a cabo estos proyectos. Es posible que los gobiernos locales y regionales se involucren en la resolución de los conflictos, a veces para bien y otras para mal. No obstante, si las personas logran cooperar para proteger la cuenca, podrán disponer de más agua. Como la escasez de agua origina o empeora los conflictos, tener más agua podría mejorar las relaciones entre los vecinos y al mismo tiempo proteger la salud de la comunidad. Algunos de los beneficios que se obtienen al proteger las cuencas son como ser aumento de la cantidad y calidad del agua en los pozos y manantiales, mejor rendimiento de las cosechas, incluso en la época seca, ganado más sano, entre otros beneficios.

Con más agua, se producen más cultivos. Esto aumenta los ingresos de las personas y hace que permanezcan en el lugar en vez de irse a otra parte en busca de trabajo.

- **Alternativa N°2 – Riego tecnificado**

Los sistemas de riego tecnificados permiten optimizar el uso del agua y suministrar a los cultivos la cantidad necesaria de manera eficiente para su desarrollo, disminuyendo de esta forma el desperdicio de este valioso recurso, y reduciendo a su vez el riesgo de erosión. De esta manera, los sistemas de riego tecnificados contribuyen a la conservación de los recursos naturales.

Tomando en cuenta que la cuenca de los ríos Trancas y Tambo, la cual es parte de la cuenca del río Salinas abarca parte de los distritos 1 y 2 del Municipio de Entre Ríos.

Se recomendó específicamente en las comunidades de Gareca, Moreta, Las Lomas y Alambrado el uso de sistema de riego Tecnificado lo que permitirá no afectar el caudal, para las comunidades río abajo. Si bien el río Tambo se une con el río Santa Ana y final se une el río Pajonal para formar el río Salinas donde abarca más comunidades que en la mayoría el uso del agua de los ríos es para el riego de los cultivos entre lo que se puede destacar el cultivo de la papa.

- **Alternativa N°3 - Uso de fertilizantes y Pesticidas**

Esta alternativa es importante en cuanto al manejo de los recursos hídricos debido a que el uso de fertilizantes y pesticidas afecta a la capacidad de auto depuración de los ríos (HH gris). Si bien se puede apreciar que la mayoría de los comunarios de la zona perteneciente a la cuenca son productores agrícolas donde los principales cultivos son el maíz, la papa, maní, tomate, cítricos, entre otros.

La utilización de fertilizantes en los cultivos es una práctica agraria extendida en todos los países del mundo, a diferencia de los pesticidas que su uso se limita a países con posibilidades económicas y legislativas.

Por lo tanto, para brindar una solución ante esta problemática se ve necesario el brindar información a las comunidades cercanas a la cuenca como actores principales donde tomen medidas ante impacto a los recursos hídricos del lugar. Entre las sugerencias se menciona las siguientes:

- Brindar información a la población de los problemas ambientales que ocasionan el uso de fertilizantes a los recursos hídricos.
- Enseñar alternativas como el uso de abono orgánico, pesticidas naturales.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son:

- ❖ 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 Hídricas 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 se serían:

- 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, si 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.

4.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda al Gobierno Autónomo de Entre Ríos un proyecto para el instalado de manera obligatoria de medidores a todos los usuarios para el control del consumo de agua, para que los usuarios hagan un buen uso y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. Esto también facilitara el Estudio de Huella Hídrica Azul.
- ❖ Así también se recomienda al GAMER un proyecto para una planta de tratamiento de aguas residuales que permitirá disminuir los impactos por el vertido de las Aguas Grises en los ríos Santana y Pajonal.
También esta Planta de Tratamiento será importante para disminuir la huella Indirecta al aprovechar las aguas residuales urbanas al ser tratadas serán útil para el riego de cultivos creando así un ciclo de Agua Urbano
- ❖ Se recomienda realizar el cálculo de la huella hídrica involucrando a mas sectores del municipio de Entre Ríos. Por ejemplo, los realizar la evaluación de HH en los colegios, instituciones bancarias.
- ❖ Se sugiere al GAMER tomar en cuenta las estrategias planteadas en el documento, lo que en el futuro permitirá contar con uso sostenible del agua.
- ❖ Visitar el sitio web. Calculadora Huella Hídrica (huelladeciudades.com) en la que se encuentra la encuesta realizada.
- ❖ Continuar con estos cálculos de manera anual para definir el comportamiento.