



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

Facultad de Ciencias de la Tierra y Agua

Carrera de Hidrología



El ciclo integral del agua urbana: Una evaluación preliminar del metabolismo hídrico en la ciudad de Tena, Amazonía ecuatoriana

Luis Carlos Carrasco Soledispa

Tena, marzo 2022

Napo, Ecuador

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Tena, 28 de septiembre de 2021

Yo, Luis Carlos Carrasco Soledispa con documento de identidad N° 1726074626, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título “Ingeniero en Ciencias del Agua” son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Firma:



Luis Carlos Carrasco Soledispa

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: “El ciclo integral del agua urbana: Una evaluación preliminar del metabolismo hídrico en la ciudad de Tena, Amazonía ecuatoriana”, en la modalidad de: proyecto de investigación en formato tesis, fue realizado por: Luis Carlos Carrasco Soledispa, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiám, para su entrega y defensa.

Tena, 28 de septiembre de 2021

Firma:



José Javier Serrano Chano
C.I: 1718347238

AGRADECIMIENTOS

El camino para realizar esta tesis no fue sencillo, pero se hizo realidad gracias al apoyo de muchas personas, y me gustaría extender mi sincero agradecimiento a todos (ya saben que me refiero a ustedes, no pongo nombres porque la lista sería eterna).

A mi familia; por el apoyo incondicional, no solo financiero sino emocional desde el inicio de mis estudios. A mi compañero felino; que me ayudó a crecer y de alguna manera, sobrellevar los días más agobiantes. A mis amigos queers; que siempre logran sacarme una sonrisa y me hacen considerar diferentes perspectivas. A mis artistas favoritos; pues no sé dónde estaría sin la música folklórica, ni los libros de ficción romántica, ni los podcasts pro-orgullo, etc., todo en conjunto me mantuvo cuerdo este último año.

Un agradecimiento especial a la universidad que me abrió las puertas a un mundo de conocimiento que sobrepasó por mucho mis expectativas, pero principalmente a los profes que cimentaron el camino para mi formación académica, profesional y personal. Claro está, mi tutor de tesis, gracias por confiar cuando ni siquiera yo lo hacía.

Y por supuesto, gracias a esas personas hermosas que me ayudaron durante el monitoreo y toma de datos; ya sea en la comunidad, en los barrios urbanos, en el municipio, en las plantas de tratamiento, en las oficinas, etc., muchas gracias por su predisposición.

Finalmente, me agradezco a mí mismo por persistir y atenerme a mis decisiones. Solo los que se han enfrentado a la vida de foráneo saben las presiones que un estudiante atraviesa, pero felizmente puedo decir que valió la pena el esfuerzo. Este trabajo es el final de una etapa muy bonita y enriquecedora, pero también el inicio de nuevas experiencias and *I just wanted you to know that this is me trying.*

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Preguntas de investigación	6
1.5 Hipótesis.....	7
1.6 Objetivos de la investigación.....	7
1.6.1 Objetivo general.....	7
1.6.2 Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	8
2.1 Zona de estudio.....	8
2.2 El ciclo integral del agua urbano	9
2.2.1 El ciclo del agua y el diseño urbano sensible al agua.....	9
2.2.2 Modelo de balance hídrico urbano Aquacycle.....	10
2.3 El sistema urbano de Tena	12
2.3.1 Distinción entre cuenca natural y urbana	12
2.3.2 Definición del modelo conceptual	13
2.3.3 Evaluación de la calidad de datos	14
2.4 Procesamiento y recopilación de datos	14
2.4.1 Perfil de uso de agua doméstico	14
2.4.2 Datos meteorológicos	15
2.4.3 Características de la cuenca urbana.....	17
2.5 Definición de los parámetros de entrada de Aquacycle	19
2.5.1 Archivo de parámetros de datos climáticos.....	19
2.5.2 Archivo de perfil de uso de agua interior.....	19
2.5.3 Archivo de parámetros de bloque unitario.....	20
2.5.4 Archivo de parámetros de clúster.....	21
2.5.5 Archivo de parámetros de la cuenca.....	22
2.5.6 Archivo de parámetro medidos, calibrados y almacenamiento inicial.....	22
2.6 Verificación de parámetros y calibración.....	24
2.7 Indicadores de desempeño.....	25
2.8 Escenarios de uso de agua lluvia.....	26
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS.....	27
3.1 Evaluación de la calidad de datos	27
3.2 Perfil de uso de agua doméstico	28

3.3	Características de la cuenca urbana.....	29
3.4	Calibración y funciones objetivo	30
3.5	Descargas de agua doméstica	31
3.6	Balance hídrico en Tena	32
3.7	Indicadores de desempeño	34
3.8	Escenarios de uso de agua pluvial.....	35
CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN		36
4.1	Evaluación de calidad de datos	36
4.2	Perfil de uso de agua doméstico en Tena	36
4.3	Características de la cuenca y coeficiente de escorrentía	37
4.4	Verificación de parámetros y calibración.....	38
4.5	Descargas domésticas	39
4.6	Balance hídrico en Tena	39
4.7	Indicadores de desempeño hídrico.....	40
4.8	Escenarios de uso de agua pluvial.....	42
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
5.1	Conclusiones.....	44
5.2	Recomendaciones	47
REFERENCIAS.....		48
ANEXOS		53
APÉNDICE		57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables derivadas del balance de masas para la evaluación de calidad de datos.....	14
Tabla 2. Parámetros, valores y justificación del archivo bloque unitario	20
Tabla 3. Parámetros, valores y justificación del archivo clúster	21
Tabla 4. Parámetros, valores y justificación del archivo cuenca o catchment.....	22
Tabla 5. Parámetros, valores y justificación del archivo de parámetros medidos'	23
Tabla 6. Parámetros, valores y justificación del archivo de 'parámetros calibrados'	23
Tabla 7. Parámetros, valores y justificación del archivo de 'parámetros iniciales'	24
Tabla 8. Indicadores de desempeño y su definición en el estudio	25
Tabla 9. Escenarios y línea base de demanda de agua lluvia colectada en Tena.....	26
Tabla 10. Evaluación de la calidad de datos para las variables del balance de masaa.	27
Tabla 11. Perfil de uso de agua doméstico estimado para Tena (L/día)	28
Tabla 12. Características físicas medidas para los niveles espaciales en la cuenca urbana.	29
Tabla 13. Resultados de las funciones objetivo SIM/REC y NSE	30
Tabla 14. Descargas de aguas residuales en Kilolitros generadas en Tena en 2020.....	31
Tabla 15. Balance hídrico en Gigalitros (GL) para la ciudad de Tena en 2020.	32
Tabla 16. Indicadores de desempeño derivados del balance hídrico para Tena.	34
Tabla 17. Escenarios y línea base de los sistemas de recolección de agua lluvia	35
Tabla 18. Indicadores de desempeño para el agua lluvia descentralizada y escenarios.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del agua urbano representado por Aquacycle.	1
Figura 2. Diferenciación de conceptos basado en los flujos considerados.....	2
Figura 3. Recursos hídricos renovables totales por habitante (m ³ /año).....	3
Figura 4. Problemas de disponibilidad hídrica en la ciudad de Tena	4
Figura 5. Zona de estudio: parroquia urbana de Tena, Napo-Ecuador.....	9
Figura 6. Ciclo del Agua Natural, Urbano y Diseño Urbano Sensible al Agua.	10
Figura 7. Escalas espaciales utilizadas en el modelo Aquacycle.	11
Figura 8. Modelo conceptual de Aquacycle que representa el ciclo urbano del aguas.....	12
Figura 10. Determinación de manzanas/barrios en Tena para realizar encuestas.....	15
Figura 11. Esquema del pluviómetro totalizador empleado en los sitios de monitoreo.....	16
Figura 13. Límites del área de estudio y delimitación de clústers	18
Figura 14. Procedimiento realizado en QGIS para delimitar las superficies de clústers.....	19
Figura 15. Gráficas de dispersión de flujos observados vs simulados	30
Figura 16. Descargas de aguas grises y negras mensuales en Kilolitros (KL) para Tena	31
Figura 17. Balance hídrico en Kilolitros (KL/mes) para la ciudad de Tena en 2020.	33
Figura 18. Esquema de las redes de distribución de agua potable y residual en Tena.....	56

RESUMEN

El aumento poblacional y creciente demanda de recursos hídricos plantea retos importantes para las ciudades del futuro, dado que el supuesto tradicional considera al agua como un bien infinito y la gestión urbana opera en términos lineales. El metabolismo urbano del agua, basado en un balance de masas, considera el flujo directo del recurso hídrico como un todo, tanto flujos naturales como manejados por infraestructura antropogénica. La contabilización de estas variables es una parte central del diseño urbano sensible al agua, que pretende establecer entornos que imiten lo más posible el ciclo del agua natural. Así, los modelos hidrológicos son herramientas valiosas para la simulación del ciclo integral del agua urbana, tal es el caso de Aquacycle, que contempla las interacciones de los sistemas: agua potable, descargas residuales y lluvia-escorrentía, y además permite explorar escenarios para la gestión del agua generada localmente. En este estudio se evaluó el caso de Tena, una ciudad amazónica de rápido crecimiento y con problemas de disponibilidad hídrica. Con la información recolectada, se simularon los flujos hidrológicos de entrada (67.3 GL) y salida (41.3 GL). Los resultados mostraron que con los sistemas de aprovechamiento pluvial existentes se podría suplir la demanda doméstica para usos no potables de lavado y descargas de retrete (1.5-1.7 GL). También es posible aprovechar el reciclaje de las aguas grises (2.19 GL) para minimizar las presiones en las PTAR, y su vez reducir el consumo de agua importada (4.92 GL), pues se pierde más del 60% del agua conducida desde la PTAP Colonso. Aunque en Tena los espacios abiertos son mayores a los pavimentados (66% y 12%), debido a la expansión demográfica y de áreas impermeabilizadas, sería recomendable explorar alternativas de diseño sensible para lidiar con los volúmenes de escorrentía (20.9 GL). Estos resultados pueden servir de base para la diversificación de fuentes en el suministro de agua urbana.

Palabras clave: Metabolismo urbano del agua, Balance de masas, Aquacycle, Indicadores de desempeño, Ciudad de Tena, Disponibilidad hídrica.

ABSTRACT

Population growth and the increasing demand for water resources bring important challenges for cities of the future, mainly due to a linear urban management operation as water is traditionally considered an infinite good. Urban water metabolism, based on a mass balance, considers the direct flow of the water resource as a whole, both natural flows and those managed by anthropogenic infrastructure. Accounting for these variables is a central part of water-sensitive urban design, which aims to establish environments that mimic the natural water cycle as closely as possible. Thus, hydrological models are important tools for simulating the integrated urban water cycle, such as Aquacycle, which contemplates the interactions of the systems: drinking water, residual discharges, and rainfall-runoff, and allows exploring scenarios for the management of locally generated water. In this study, the Amazonian city of Tena was evaluated, which faces rapid population growth and water availability problems. With the sources of information collected, the hydrological inflows (67.3 GL) and outflows (41.3 GL) were simulated. The results showed with the existing rainwater harvesting systems, it would be possible to supply the domestic demand for non-drinking uses of washing and toilet discharges (1.5-1.7 GL). It is also possible to employ gray water recycling (2.19 GL) to minimize the pressures in the WWTPs and reduce the consumption of imported water (4.92 GL), since more than 60% of the water conveyed from the PTAP Colonso is wasted. Although in Tena open spaces are greater than the paved ones (66% and 12%), due to the demographic expansion and impermeabilized areas, it would be recommendable to explore sensitive design alternatives to deal with the runoff volumes (20.9 GL). These results can serve as a basis for the diversification of sources in urban water supply.

Keywords: Urban water metabolism, Mass balance, Aquacycle, Performance indicators, City of Tena, Water availability.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

Por primera vez en la historia más de la mitad de la población mundial reside en zonas urbanas, aproximadamente 4200 millones de habitantes, cifra que seguirá aumentando principalmente en países con ingresos bajos y medios [1]. Y si bien las tasas de crecimiento varían entre las distintas regiones, hasta la fecha América latina ya concentra el 81% de su población en áreas urbanas [2,3]. Este incremento poblacional, acompañado de una planificación inadecuada, contaminación, y demanda creciente de recursos; plantea retos importantes para las ciudades del futuro en cuanto a la gestión de sus recursos hídricos [4].

El supuesto tradicional en el diseño de los sistemas de agua ha sido la percepción de éste como un recurso infinito y que opera en términos lineales: desde su captación, tratamiento, almacenamiento, distribución, uso, y posterior descarga al ambiente [5]. A su vez, la gestión de las aguas urbanas tiende a considerar como sistemas separados la infraestructura de suministro de agua potable, de eliminación de las aguas residuales y de drenaje de aguas pluviales [6]. Este enfoque necesita replantearse de manera que se reconozca la naturaleza finita de los recursos y opere en términos cíclicos que minimicen la huella ambiental [7,8].

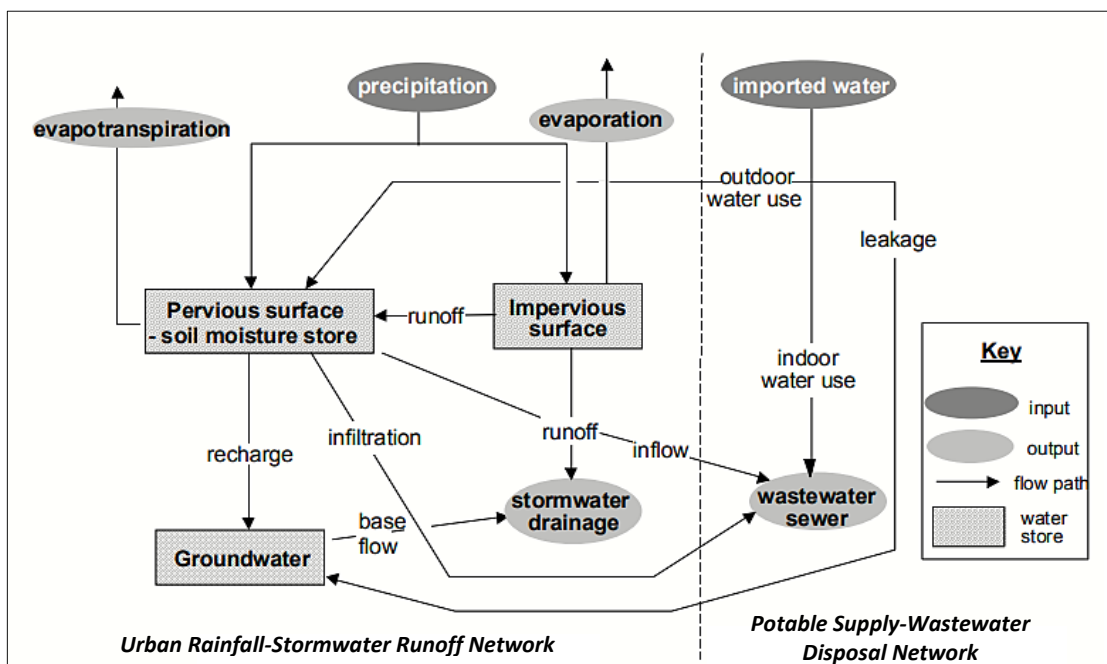


Figura 1. Ciclo del agua urbano representado por Aquacycle: integración del sistema de lluvia-escorrentía y el sistema de suministro de agua potable y aguas residuales [10].

En ese sentido, el diseño urbano sensible al agua (WSUD) es un enfoque sistémico del ciclo urbano del agua, que incorpora el suministro de agua, la gestión de aguas pluviales y residuales, de manera integrada [9]. Es decir, una forma de gestionar el agua en la que

todos los componentes del sistema hídrico se consideran interrelacionados en una estructura holística (*figura 1*), a fin de garantizar el uso óptimo de los recursos disponibles (métodos de reciclaje y reutilización, recolección de aguas pluviales, gestión descentralizada, participación comunitaria, etc.) [10]. Así, los modelos integrados de manejo de agua urbana, como Aquacycle, pueden ser una herramienta valiosa para explorar el desempeño de esquemas alternativos de reutilización y facilitar la toma de decisiones a distintos niveles [11].

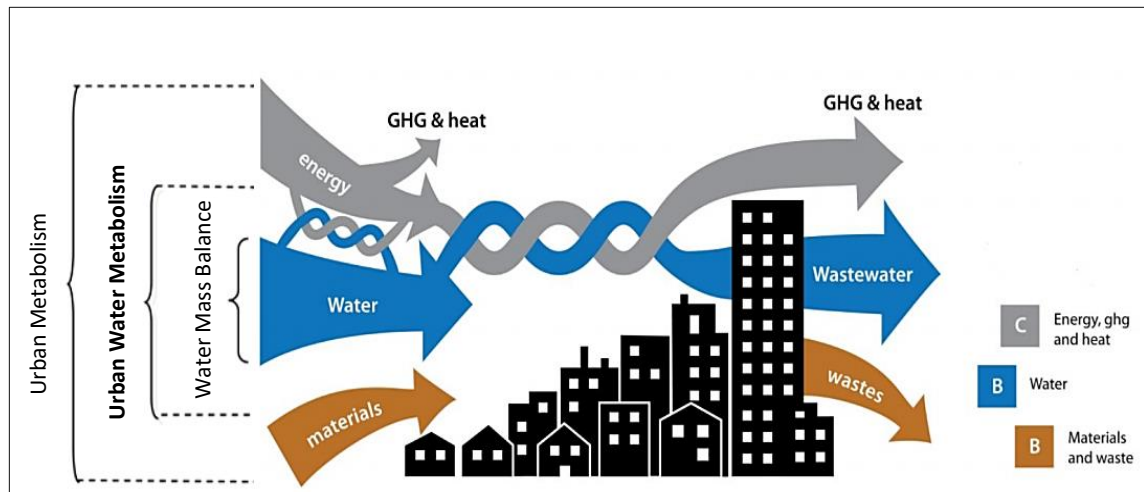


Figura 2. Diferenciación de conceptos basado en los flujos considerados: Metabolismo Urbano (UM), Metabolismo Urbano del Agua (UWM), y Balance de Agua Urbano (WMB) [15].

Un enfoque complementario para el entendimiento del flujo de agua en las ciudades es el Metabolismo Urbano (UM), una metáfora que conceptualiza a las ciudades como enormes organismos vivos debido al intercambio de recursos que existe entre éstas y el medio externo [12]. Pues de manera análoga a los sistemas vivos, las ciudades requieren de ingresos para funcionar (alimento, agua, energía) y tras ser consumidos y transformados se generan residuos, con la diferencia de que el metabolismo circular de la naturaleza no produce desechos [13]. Técnicamente, se define al UM como la cuantificación de características metabólicas en áreas urbanas, basado en el intercambio de recursos entre una unidad definida y su región de soporte [14]. Particularmente, el Metabolismo Urbano del Agua (UWM) considera el flujo directo del recurso a través del límite urbano como un todo, contemplando tanto los flujos naturales como los manejados por infraestructura antropogénica, véase la *figura 2* [15].

Estos enfoques pretenden guiar la planificación urbana hacia sistemas metabólicamente más eficientes con respecto al agua, los cuáles tratan de emular los sistemas naturales o preintervenidos y utilizar óptimamente las fuentes internas de agua [16]. El análisis de flujo de materiales o balance de masas es principalmente utilizado para evaluaciones del metabolismo en las ciudades, y en el caso de los flujos hídricos es posible emplear indicadores de desempeño para evaluar la subutilización de las fuentes disponibles de agua

en áreas urbanas [14,17,18].

1.2 Planteamiento del problema

El agua es un recurso vital que con demasiada frecuencia se da por hecho en zonas de alta disponibilidad [8]. Tal es el caso del continente americano, pues se estima que el territorio cuenta con más del 45% de los recursos hídricos disponibles en el planeta (43.750 km³/año), ver *figura 3*. En términos de recursos por habitante, en promedio esta región cuenta con más de 24.000 m³ al año, pero Ecuador supera esta dotación de agua con más de 34.000 m³/año per cápita [19,20]. No obstante, el acceso a servicios de agua y saneamiento es limitado en el país [21], pues tan solo el 70% de la población tiene acceso a agua potable, 85% a sistemas de drenaje, y se estima que menos del 12% de las aguas residuales reciben tratamiento [22,23].

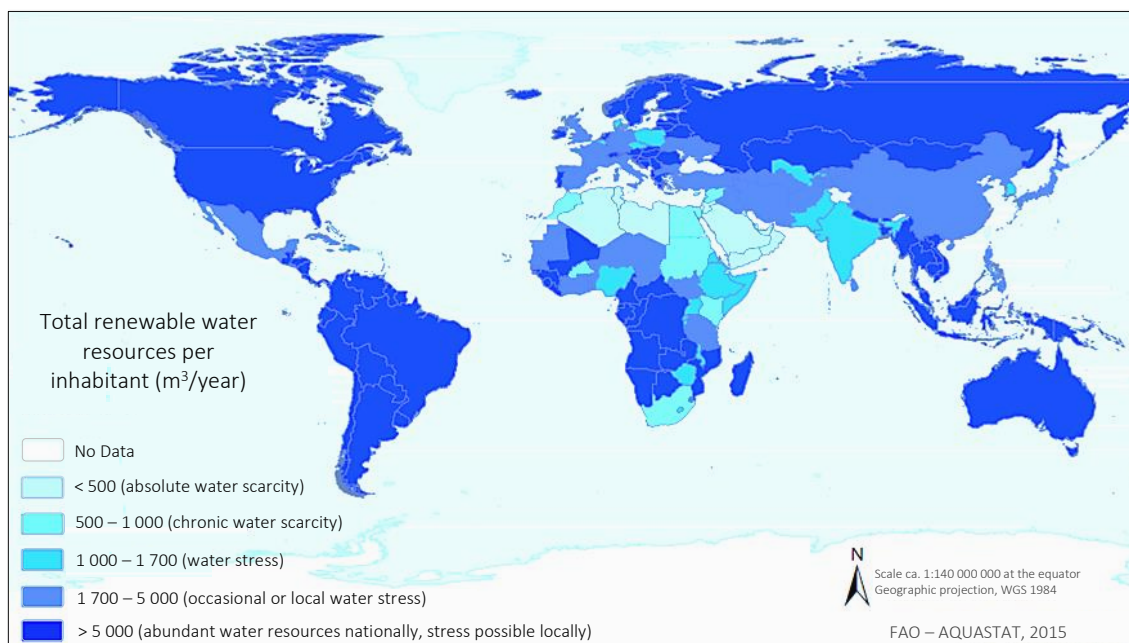


Figura 3. Recursos hídricos renovables totales por habitante (m³/año). Datos estimados para 2014, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y AQUASTAT, 2015.

Por un lado, el manejo ineficiente del recurso hídrico dentro de las zonas urbanas está relacionado a la falta de infraestructura adecuada y baja eficiencia en el control del suministro de agua potable, débil gestión de servicios de saneamiento, y poca apertura a la implementación de nuevos enfoques y tecnologías [9,22,24]. Así mismo, Ecuador presenta un excesivo consumo de agua por habitante (≈ 237 L/hab/día), sobrepasando el promedio regional de Sudamérica (167 l/hab/día) y el consumo mínimo vital según la ONU (100 L/hab/día) [25]. Todo esto refleja un desperdicio del recurso agua por las diferentes actividades cotidianas, asociado a una falta de sensibilización sobre el ahorro de agua [26], y por fallas estructurales como fugas, que en el país superan el 34% del caudal total

conducido [27].

Varios estudios resaltan la relevancia del análisis del MU en el estudio de los ecosistemas urbanos [13–17] aunque su aplicación presenta limitaciones por la poca disponibilidad de información según el contexto local [18]. Esta escasez de datos es un problema recurrente en el oriente ecuatoriano, a pesar de que la vertiente amazónica es percibida como una fuente de recursos hídricos, ya que cuenta con más del 80% del agua disponible en el país, y alberga el 20% de la población [24].

Aunque la concentración de habitantes es menor en el territorio Amazónico (*anexo 1*), la región cuenta con ciudades pequeñas y medianas con alta natalidad y tasas de crecimiento poblacional [26,27]. Tal es el caso de la parroquia urbana de Tena en la provincia de Napo, que a pesar de ser de las ciudades más pequeñas en superficie concentra más de la mitad de la población Napense, y es la segunda parroquia más densamente poblada en la región, con más de 376 habitantes por km² (*anexo 2*) [30,31]. No obstante, debido a su ubicación en la cuenca hidrográfica del río Napo, Tena es una ciudad sin déficit hídrico durante todo el año [30]. Está rodeada de los afluentes Tena, Pano y Misahuallí, y principalmente se abastece del río Colonso mediante la planta potabilizadora de agua, ubicada en el área de influencia de la Reserva Biológica Colonso Chalupas. Pero a pesar de la abundancia de agua, la ciudad presenta varios problemas de gestión hídrica en términos de cantidad (*figura 4*).



Figura 4. Problemas de disponibilidad hídrica en la ciudad de Tena, Elaboración propia [30].

En Tena, al igual que en muchas otras ciudades ecuatorianas, los sistemas de suministro de agua, drenaje y saneamiento están diseñados de manera que operan y se gestionan de

forma aislada [13,32]. Por un lado, aunque la cobertura de agua potable (municipal) es completa en el área urbana, los cortes de agua son un problema recurrente, ya que el sistema de captación superficial de la planta de tratamiento tiende a suspender el servicio durante eventos intensos de precipitación. A pesar de que el municipio cuenta con varios tanques de almacenamiento en la urbe, la falta de agua es un problema debido a la alta demanda en la ciudad (>320 L/hab/día) [25,33,34], consumo que tenderá a aumentar por la rápida expansión demográfica, siendo la presencia de la Universidad Regional Amazónica Ikiám un factor importante a considerar en las proyecciones poblacionales [35]. En esta línea, son necesarias diferentes alternativas para satisfacer la demanda de agua y una de las opciones sería emplear fuentes locales como captación pluvial o reciclaje de aguas residuales, no obstante, pocos estudios han abordado esta línea de investigación al momento. Tena a su vez se diferencia de otras ciudades amazónicas debido a que cuenta con dos plantas de tratamiento de agua residual, Tereré y Palandacocha, basadas en un biorreactor con membranas (98% de eficiencia) que produce caudales de alta calidad, aunque estos no son reutilizados [30,36,37]. Por otro lado, la falta de monitoreo meteorológico continuo en la urbe y el sistema de drenaje combinado (pluvial-residual) existente dificulta el aprovechamiento de estos recursos.

En este contexto, la parroquia urbana de Tena constituye un caso interesante de estudio respecto a las problemáticas que presentan las ciudades amazónicas en temas del agua, particularmente enfocado a la disponibilidad del recurso (*figura 4 y 5*) [28,38]. En la línea de diseño urbano sensible al agua (WSUD), estos retos representan una oportunidad para explorar alternativas al paradigma tradicional de la gestión del agua urbana y adoptar un enfoque integrado del ciclo hidrológico que permita acceder a múltiples beneficios al tiempo que se minimizan las presiones en el ecosistema [39,40]. En particular, los principios del WSUD más relevantes en el caso de Tena son: a) la gestión hídrica para hacer frente tanto a la escasez como al exceso de agua, y b) la utilización del ciclo hidrológico lo más localmente posible para encontrar alternativas potenciales al uso convencional de agua [41,42].

1.3 Justificación de la investigación

En la Cumbre de la Tierra de 1992 [38], se reconoció la necesidad de adoptar enfoques holísticos para alcanzar una gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) para promover el bienestar humano y proteger el medio ambiente. A su vez, garantizar la disponibilidad de agua, la gestión sostenible y el saneamiento para todos, es parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS #6) [43]. Sin embargo, aunque se han incrementado los servicios de agua, en la actualidad aún 3/10 personas carecen del acceso al recurso hídrico. De hecho, la pandemia COVID-19 puso en manifiesto la importancia vital del acceso a agua, saneamiento e higiene (WASH) para la prevención y transmisión de enfermedades

[44]. Esta investigación se alinea con estos subobjetivos, particularmente aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos y asegurar la sostenibilidad de extracción y abastecimiento de agua [45].

En Ecuador, la gestión del agua es uno de los pilares fundamentales de la Constitución, pues se reconoce al recurso hídrico como ‘un patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable y esencial para la vida’ [46]. A su vez la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA) establece: ‘garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la gestión de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, en sus distintas fases, para avalar los derechos de la naturaleza’ [47]. Y, a nivel local, son los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) quienes regulan el recurso y prestan el servicio de agua [32]. De hecho, el GAD de Tena promueve la implementación de planes urbanísticos para mejorar la provisión de servicios públicos de calidad en la población [30].

En ese sentido, el presente estudio está enfocado en la GIRH urbanos, la evaluación del desempeño metabólico de los flujos hídricos y la búsqueda de alternativas de reutilización de fuentes locales en la ciudad [43]. Parte de la investigación evalúa el patrón de consumo de agua actual para contrastar los volúmenes conducidos y los tarifados, y para el año de estudio definido los datos generados pueden dar paso a investigaciones que evalúen el impacto del confinamiento y consignas de higiene en la demanda de servicios de aguas [48,49].

1.4 Preguntas de investigación

Esta investigación se centra en el levantamiento de información relevante para una modelación preliminar del metabolismo hídrico en Tena y la evaluación de fuentes alternativas al suministro de agua urbano. En ese sentido, las preguntas de investigación abordadas son:

- ¿Cuál es la disponibilidad y calidad de datos relevantes para estudios de modelación hídrica urbana en Tena?
- ¿Cuáles son los volúmenes de los diferentes flujos naturales y antropogénicos del balance de masas de agua en la ciudad de Tena?
- ¿Cuáles son las dinámicas de uso, disponibilidad y reutilización de flujos de agua dentro de la zona urbana de Tena?
- ¿Cuál es el desempeño metabólico de los flujos de agua en términos de indicadores volumétricos en la cuenca urbana de Tena?

1.5 Hipótesis

Se plantea como hipótesis que el modelo integrado de agua urbano puede contribuir a la generación de información respecto al balance de los recursos hídricos en la zona urbana de Tena, al simular los flujos de agua antropogénicos y naturales, evaluar el desempeño hidrológico y explorar alternativas de reutilización, la misma que servirá de línea base para la optimización de los sistemas de agua y la planificación urbana. Las posibles respuestas a las preguntas planteadas son:

- Existe un déficit de datos hidro-meteorológicos en la zona urbana de Tena, relevantes para estudios de modelación hídrica urbana.
- Los volúmenes de entrada del balance hídrico en Tena son principalmente aportados por el flujo de precipitación.
- Existe un elevado consumo de agua para actividades domésticas y bajo aprovechamiento de fuentes alternativas al servicio de agua potable en Tena.
- El potencial de reemplazabilidad de los flujos naturales y agua residual pueden suplir el abastecimiento de agua potable necesaria en el área urbana de Tena.

1.6 Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo general

- Implementar el modelo integrado de agua urbana Aquacycle en la ciudad de Tena, mediante la generación de una línea base de flujos hidrológicos en el año 2020, para la evaluación del desempeño metabólico de los volúmenes de agua y alternativas de reutilización.

1.6.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de las fuentes de información de las variables necesarias para la implementación del modelo Aquacycle en el área urbana de Tena en 2020.
- Realizar una base de datos con los caudales producidos de agua potable y residual, y las variables meteorológicas requeridas para el balance de agua urbana en Tena.
- Determinar información sobre las diferentes prácticas de consumo y uso de agua por los habitantes de Tena para la generación del perfil de uso de agua diario doméstico en 2020.
- Clasificar el registro de usuarios del servicio de agua municipal en Tena para la agrupación espacial de la cuenca urbana en diferentes clústers.

- Generar el balance hídrico en la cuenca urbana de Tena para el año 2020 mediante el modelo de manejo integral de agua Aquacycle.
- Evaluar el desempeño metabólico de los flujos hídricos simulados y las posibles fuentes alternativas de agua en el área urbana de Tena.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1 Zona de estudio

La ciudad de Tena es una de las ocho parroquias del cantón Tena, ubicada en la provincia de Napo, en la Amazonía ecuatoriana (*ver figura 5*). Es la única parroquia urbana del cantón y representa el mayor centro económico de este, y a su vez, concentra el 56% de población [30,31]. Según la clasificación de Köppen, Tena tiene un clima de bosque tropical 'Af', es decir, un clima de tipo cálido caracterizado por temperaturas promedio superiores a 23 °C, y precipitaciones constantes durante todo el año, superiores a los 3500 mm/año [30,50,51].

Tena es una ciudad privilegiada en cuanto a sus recursos hídricos, se abastece de los afluentes Colonso y Tena que nacen desde la cordillera Real y están protegidos por la Reserva Biológica Colonso Chalupas, además de fuentes de agua subterráneas, aunque no han sido estudiadas hasta la fecha [30]. No obstante, como se mostró en el diagrama de problemas (*figura 4*), la zona urbana de Tena presenta varios retos en la gestión de sus recursos hídricos, particularmente en términos de disponibilidad. En ese sentido, es necesaria la exploración de nuevos enfoques integrales que permitan abordar las diferentes etapas del ciclo hidrológico y aprovecharlas como un recurso.

Además de levantar información sobre las prácticas locales existentes por la población y sus adaptaciones en un entorno con abundante agua, esta tesis se enfoca en generar una línea base sobre los flujos hidrológicos urbanos, naturales y antropogénicos, tanto por la falta de investigaciones como la ausencia de bases de datos públicos.

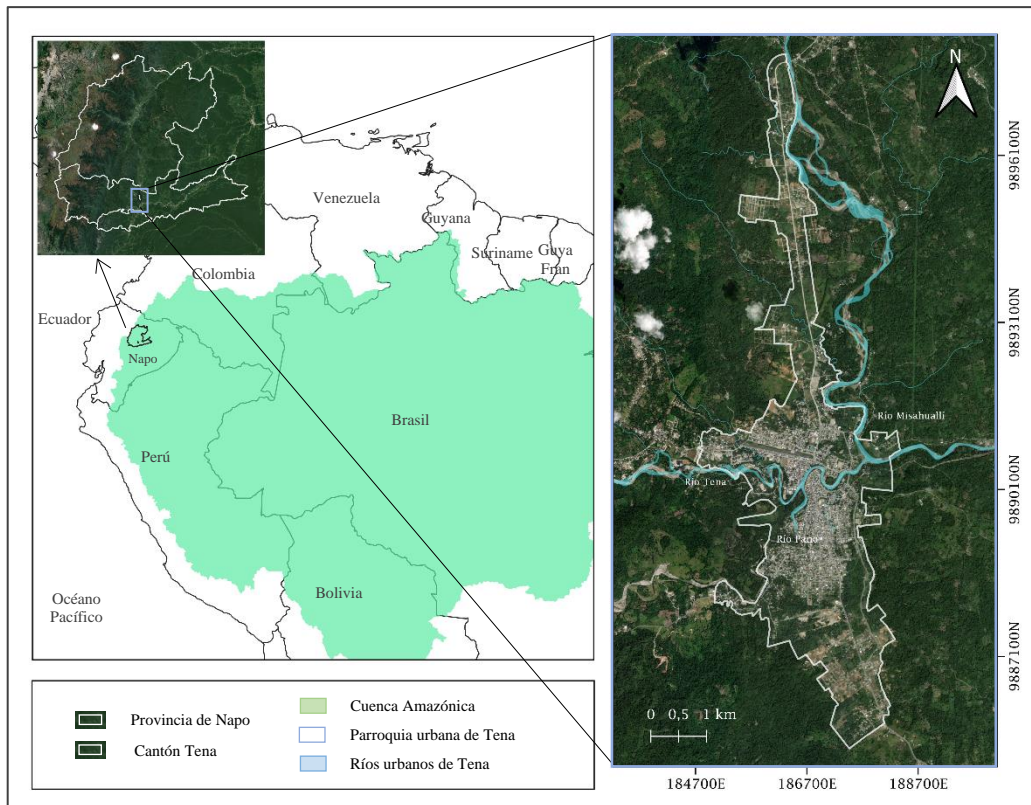


Figura 5. Zona de estudio: parroquia urbana de Tena, Napo-Ecuador. Elaboración propia. Shapefiles: División Política Administrativa del Ecuador [73], Países de América Latina [74], Cuenca Amazónica [75].

2.2 El ciclo integral del agua urbano

2.2.1 El ciclo del agua y el diseño urbano sensible al agua

El ciclo del agua representa el transporte continuo del agua en el medio ambiente, es un sistema complejo que incluye diferentes procesos físicos en los que el agua en distintas fases se mueve a través de la atmósfera: el agua líquida fluye a través de la tierra (escorrentía), hacia el suelo y a través (infiltración y percolación), y a su vez el agua subterránea pasa a las plantas (absorción) y se evapora de estas hacia la atmósfera (evapotranspiración) [6,52].

Los sistemas urbanos, que tradicionalmente importan agua de origen externo, interrumpen muchos de estos procesos hidrológicos al fragmentar la tierra con vegetación y cubrirla con superficies impermeables que impiden el paso del agua al subsuelo [41]. Como resultado, la precipitación se escurre de estas superficies, a través de los desagües de aguas pluviales y directamente a las vías fluviales, produciendo el arrastre de sedimentos y contaminantes que afectan la vida acuática, y estimulando las inundaciones [42, 43] (figura 6).

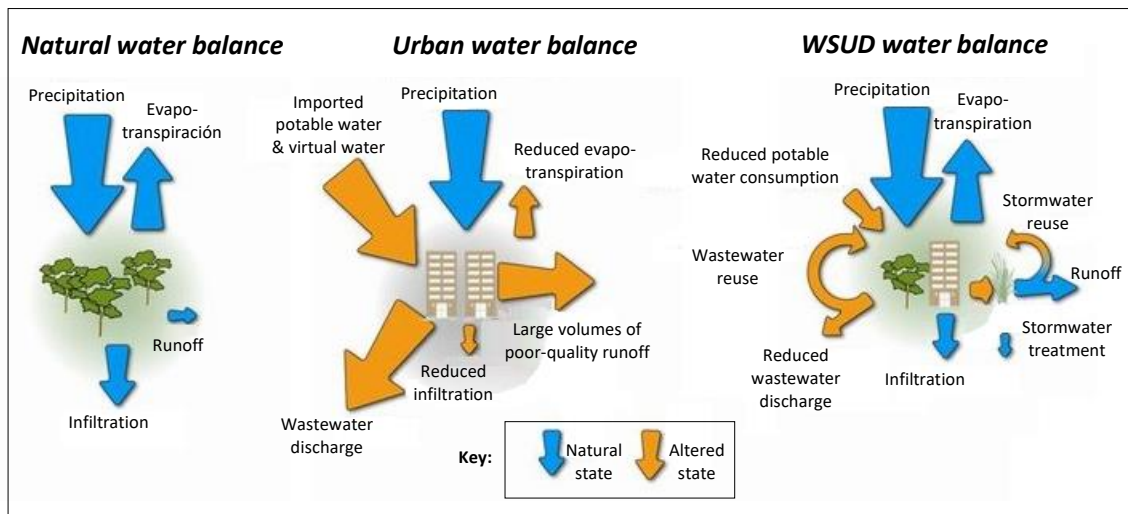


Figura 6. Ciclo del Agua Natural, Urbano y Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD) [72].

En esta línea, el diseño urbano sensible al agua (WSUD) es un nuevo paradigma en la planificación y el diseño de entornos urbanos que es sensible a los problemas de sostenibilidad del agua y protección ambiental. Se refiere a las sinergias entre la forma de construcción del paisaje urbano y la gestión holística del 'ciclo urbano del agua' [43,44], este último constituido por los flujos convencionales de agua potable, pluvial y residual [6].

El WSUD es una parte importante en la gestión hídrica dado que permite establecer entornos urbanos que imiten lo más posible el ciclo del agua natural, mediante intervenciones sensibles que mejoren la eficiencia del uso del agua y el aprovechamiento del recurso lluvia-esorrentía (diversificación de fuentes de agua, tratamiento y reutilización, gestión descentralizada, etc.) [5, 15].

La 'gestión integral del ciclo urbano del agua', por tanto, considera la interrelación de los subsistemas de suministro de agua potable, tratamiento de aguas residuales y esorrentía de aguas pluviales en una estructura holística (figura 1). En este contexto, los modelos hidrológicos urbanos son una herramienta importante para explorar esquemas alternativos de reutilización y facilitar la toma de decisiones hacia soluciones diversas y descentralizadas. Tal es el caso del modelo de gestión del agua urbana 'Aquacycle', desarrollado por Mitchell [5, 6].

2.2.2 Modelo de balance hídrico urbano Aquacycle

Aquacycle es un modelo casi distribuido, desarrollado con el objetivo de simular el ciclo del agua urbana como un sistema integrado y que puede utilizarse para investigar diferentes escenarios y opciones de gestión del agua generada localmente [5,6]. El modelo se ejecuta en un paso de tiempo diario e integra dentro del mismo marco las interacciones entre el

suministro de agua potable, las descargas de aguas residuales, y el sistema lluvia-escorrentía (*figura 1*).

El ciclo comienza con la entrada de agua en forma de precipitación y agua potable importada (aquella que se produce fuera de los límites de la delimitación urbana), para cumplir los requisitos de uso de agua en interiores y exteriores. Luego pasa por el sistema de agua urbano, y sale en forma de evapotranspiración, aguas pluviales y residuales [5]. En estos subsistemas interrelacionados, los procesos de interceptación, almacenamiento, infiltración, afluencia y drenaje se modelan utilizando almacenes conceptuales con parámetros que pueden ser calibrados por el usuario (*figura 8*) [54].

El modelo opera en tres escalas espaciales: bloque unitario, clústers y cuenca, con el fin de permitir el modelado de configuraciones de sistemas alternativos y la evaluación de esquemas de reutilización y reciclaje de agua (*figura 7*). El bloque unitario puede referirse a un solo edificio residencial, sitio industrial o una instalación pública o comercial. Esta escala representa la unidad más pequeña para la gestión del suministro de agua, aguas residuales y aguas pluviales. Un clúster incluye un grupo de bloques unitarios, además de carreteras y espacios públicos abiertos, y se utiliza para representar la escala espacial a la que se gestionan los servicios de agua comunitarios. Finalmente, la cuenca (catchment) incluye un grupo completo de clústers y, por lo general, corresponde a toda la cuenca urbana [5,6].

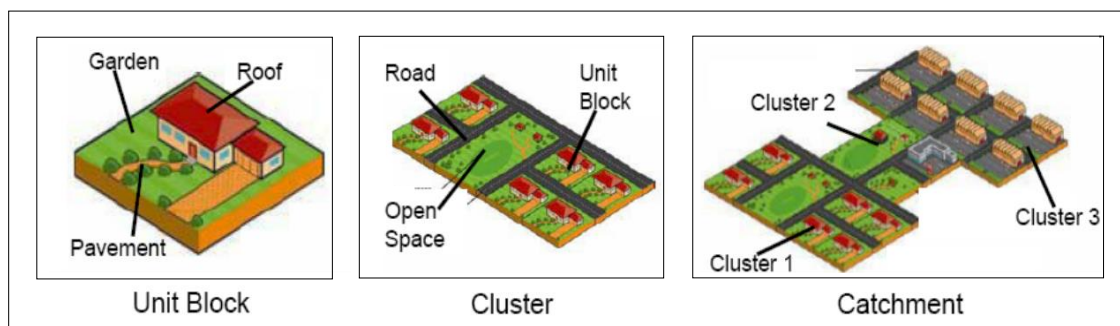


Figura 7. Escalas espaciales utilizadas en el modelo Aquacycle [5].

El modelo recibe información de *entrada* tanto para la precipitación como para el agua importada, así como los requisitos de uso de agua en interiores y los datos de evapotranspiración. En Aquacycle, las *superficies* se dividen en dos categorías: permeables e impermeables. Las superficies impermeables (techos, carreteras y áreas pavimentadas) se representan como almacenes individuales que se desbordan cuando están llenos, y las áreas permeables se dividen en aquellas que producen, o no, escorrentía durante un evento de lluvia. Los *algoritmos* calculan la cantidad total de agua descargada como escorrentía de aguas pluviales de caminos, techos y áreas pavimentadas y áreas permeables. La cantidad de agua importada a un área es la suma del uso de agua interior,

el riego y las fugas. El total de aguas residuales descargadas de la cuenca es la suma del uso de agua interior, la infiltración y la entrada del sistema de drenaje de aguas pluviales [5,10]. La estructura del software se ilustra en la *Figura 7*.

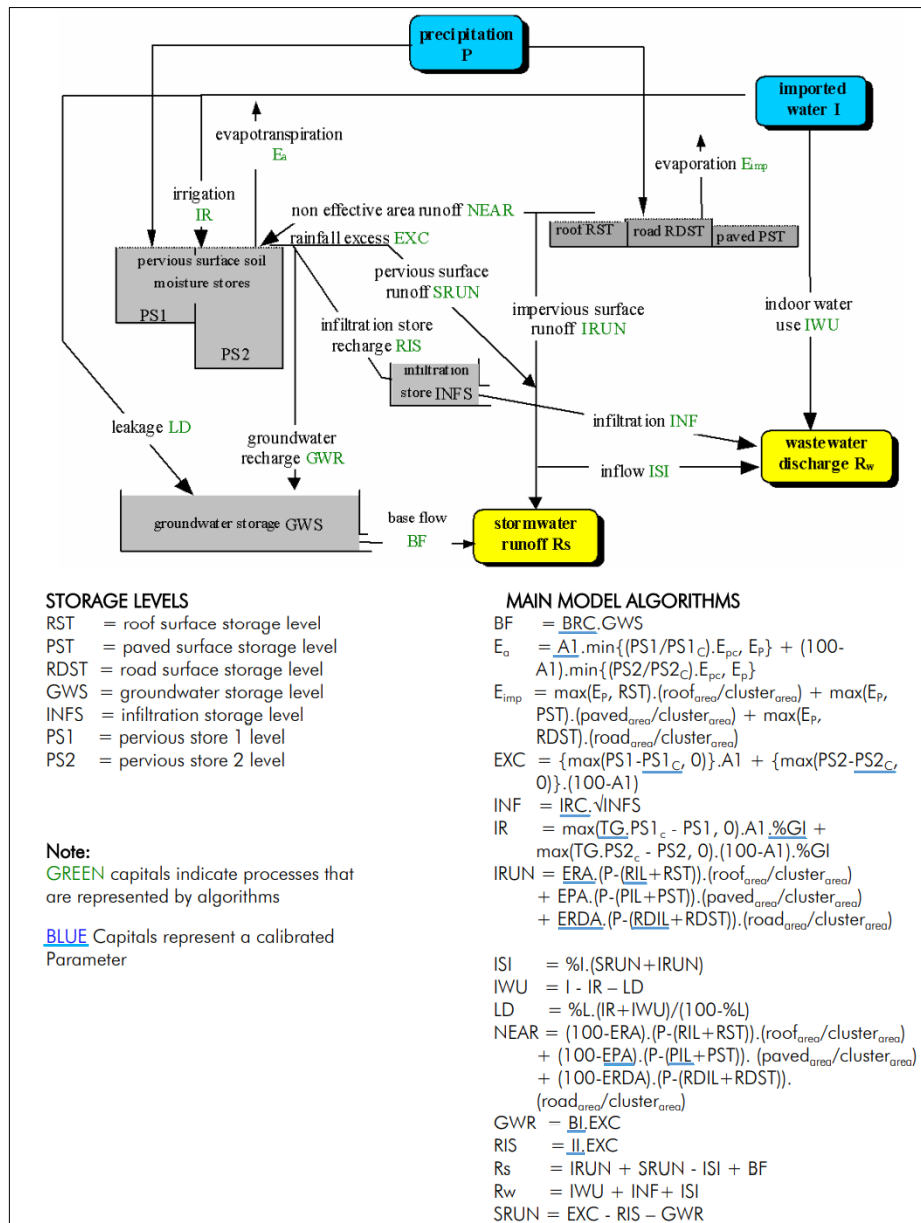


Figura 8. Modelo conceptual de Aquacycle que representa el ciclo urbano del agua, sus interacciones entre superficies y almacenes, y principales algoritmos [6,10].

2.3 El sistema urbano de Tena

2.3.1 Distinción entre cuenca natural y urbana

En hidrología, una cuenca (*watershed, drainage basin o catchment*) es un área de tierra que drena toda el agua que escurre cuesta abajo hacia un punto de salida compartido [15].

Estas cuencas hidrográficas están naturalmente delimitadas por las características topográficas del entorno, tienen distintas extensiones, y pueden contener otras subcuencas o microcuencas [73]. En esta línea, una ‘cuenca natural’ se refiere a una región antropogénicamente no intervenida, es decir, sus procesos hidrológicos naturales no han sido alterados (figura 6).

En el contexto de planificación urbana, una cuenca es el área y la población que sustenta a la ciudad [15]. Partiendo de los trabajos de Farooqui y Kenway [14,17], los límites del ‘sistema urbano’ (también referido en este estudio como ‘cuenca urbana’) se definieron como el área urbana desde arriba de la línea de los techos y la copa de los árboles hasta una profundidad de 1 metros por debajo del suelo, excluyendo los depósitos de agua superficial ubicados fuera de la ciudad y los acuíferos subterráneos (figura 9).

La extensión espacial en este caso adoptó la delimitación municipal existente en shapefiles del área urbana de Tena (figura 5), debido a la distribución barrial del sistema de agua municipal y la falta de información sobre el uso de suelo y áreas periurbanas.

2.3.2 Definición del modelo conceptual

El modelo conceptual en la figura 9 describe los flujos de agua en un sistema urbano. Este balance de masas, basado en el principio de conservación, contabiliza todo el movimiento del agua a través o almacenado en un volumen (área-profundidad) definido. En ese sentido, se expresa como la suma de ingresos (Q_i) menos las salidas (Q_o), igual a un cambio en el almacenamiento (ΔS). En la ecuación se muestran las variables consideradas: Precipitación (P), agua potable Centralizada o importada (C), agua Descentralizada, subterránea o pluvial (D), agua residual (W), escorrentía superficial (R_s), agua subterránea infiltrada (G), y evapotranspiración (ET) [14,16].

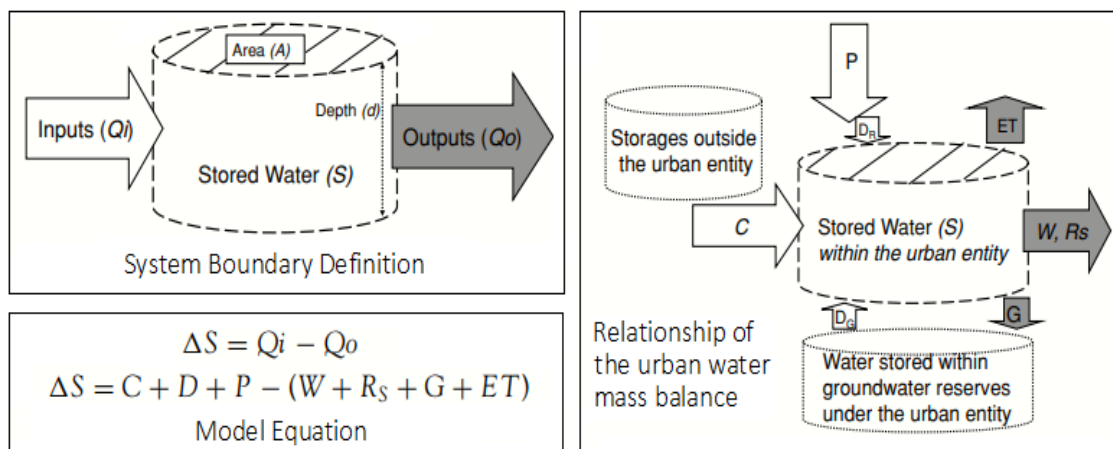


Figura 9. Modelo conceptual del balance de masas de agua urbana (UWB) [14,16].

2.3.3 Evaluación de la calidad de datos

Para determinar la calidad de los datos de forma cualitativa se siguió la metodología de Kenway [16], la cual asigna cuatro categorías con base en la disponibilidad de datos y fuentes de información. Respectivamente están los niveles: Alto (High), para datos levantados de forma independiente o de publicaciones oficiales; Medio (Med), datos derivados de modelaciones o comunicaciones personales con personal calificado; Bajo (Low), otras fuentes; y Faltante (N.A), información no disponible o inexistente.

Tabla 1. Variables derivadas del balance de masas para la evaluación de calidad de datos

Área	Centralizada o Importada	Descentralizada (lluvia)	Precipitación	Reúso
A	C	D	P	Re
Población	Agua Residual	Escorrentía Superficial	Infiltración subterránea	Evapotranspiración
Po	W	Rs	G	ET

2.4 Procesamiento y recopilación de datos

Para la implementación del modelo Aquacycle en el área urbana de Tena se requirió determinar tres grupos de datos [5,6,54]: a) el perfil de uso de agua diario, según las prácticas de uso y consumo de los habitantes de la ciudad; b) datos meteorológicos, que comprenden la precipitación y evapotranspiración diaria; y c) las características físicas (áreas) de la zona urbana, que corresponde a la delimitación de las zonas residenciales, carreteras y de espacios abiertos.

2.4.1 Perfil de uso de agua doméstico

Para coleccionar información sobre el uso de agua en Tena se elaboró un formato de encuestas para cuantificar y caracterizar la diversidad de prácticas de consumo de agua por los ciudadanos, misma que está anexada al proyecto vigente 'Implicaciones del COVID-19 en las prácticas de consumo de agua potable en la Ciudad de Tena' [55].

Se utilizó la ecuación de Spiege y Stephens (2009) para estimar el tamaño de muestra ($n = 84$), con una población definida ($N = 717$), nivel de confianza ($Z = 95\%$), varianza ($\sigma^2 = 0.25$), y error ($E = 0.1$) [56]. Seguido, se empleó un muestreo probabilístico de 'azar sistemático' [57], que consistió en clasificar los barrios de la parroquia Tena según el número de manzanas (proporcionada por el GAD de Tena), y mediante la relación de cada sector y el total se determinó el número de encuestas a realizar, y el identificador de cada manzana de manera aleatoria (ver figura 10).

Es importante resaltar que la metodología implementada fue mixta, parcialmente online

mediante *kobotoolbox* y complementada de forma presencial (*in-situ*) para completar el número de muestras. Esto debido a que se llevó a cabo en abril del presente año (aún bajo restricciones por COVID-19).

Las encuestas abordaron preguntas referentes al uso de agua doméstico en diferentes actividades de: consumo, preparación de alimentos, aseo y otros usos del hogar; además de la frecuencia y duración de estas. Complementario a esto, en los hogares que fue posible se realizaron aforos empleando el ‘método volumétrico’ [58] para determinar el caudal de las redes de agua potable. De ese modo se aproximó el perfil de uso de agua domiciliario en Tena, por actividad y número de ocupantes, de acuerdo con la definición de Mitchell [6].

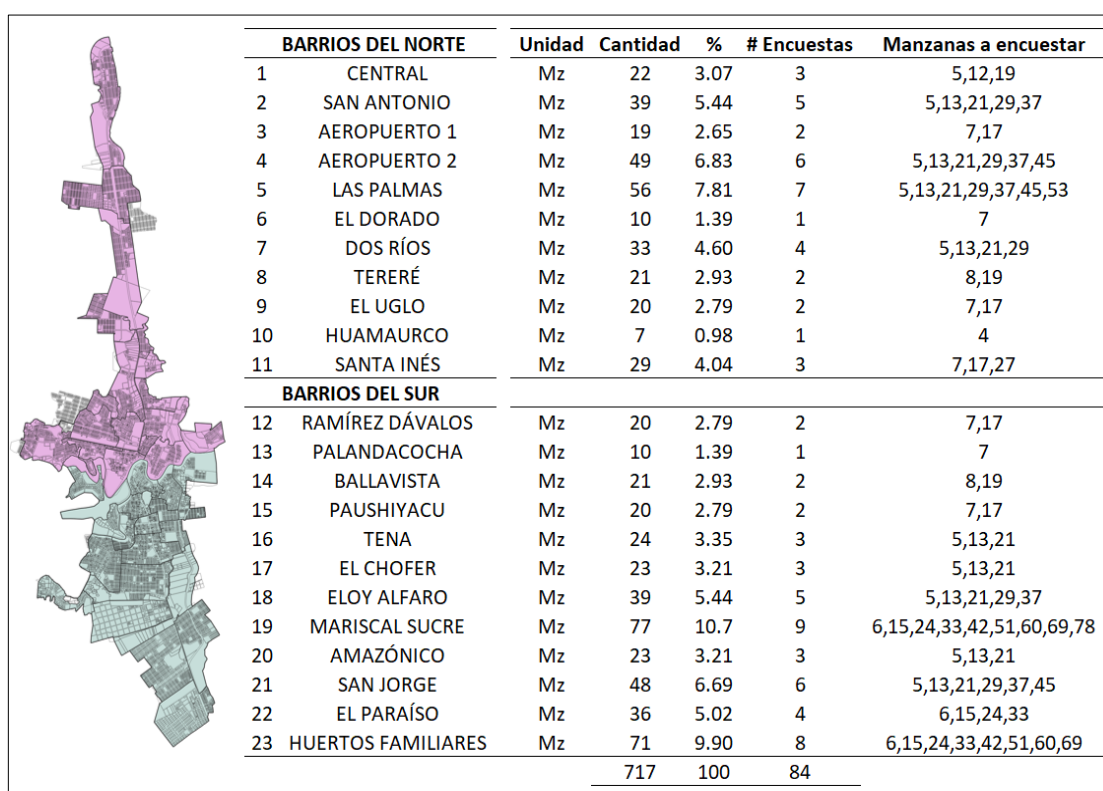


Figura 10. Determinación de manzanas/barrios en Tena para realizar encuestas de uso de agua

2.4.2 Datos meteorológicos

Para monitorear el año hidrológico 2020 en Tena, se construyeron e instalaron cuatro ‘pluviómetros totalizadores’ para medir la precipitación estacional total en los sitios seleccionados (Aeropuerto 2, San Antonio, Palandacocha y Ongota). Los instrumentos, contruidos con base a las indicaciones de la OMM y la GNIP [59,60], consisten en un embudo montando en un mástil de madera, conectado por una manguera a un recipiente plástico ubicado en un hoyo subterráneo, para evitar pérdidas por evaporación. El registro de los volúmenes colectados se realizó cada semana en los cuatro sitios, y diariamente en

el Aeropuerto 2, utilizando dos probetas graduadas de 100 ml y 2000 ml.

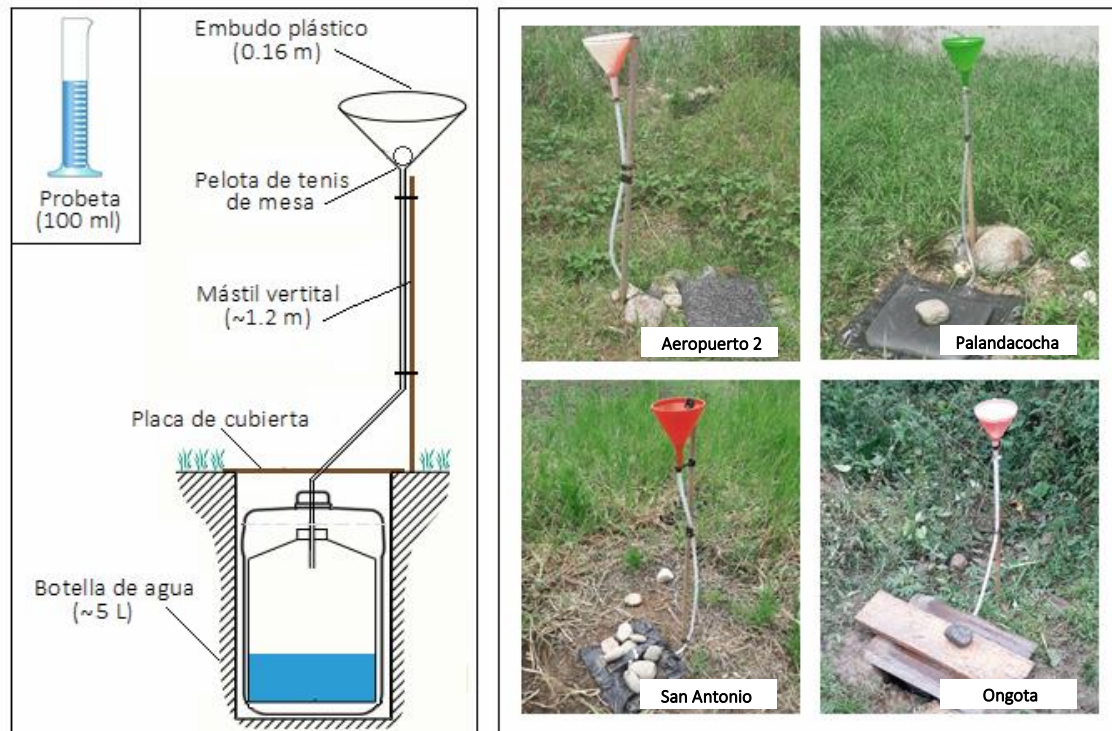


Figura 11. Esquema del pluviómetro totalizador empleado en los cuatro sitios de monitoreo. Elaboración propia. Directrices de OMM y GNIP [60].

Cabe destacar que esta metodología ya había sido implementada previamente en 2017 y 2018, y los datos volumétricos registrados tuvieron una diferencia menor al 0.01% en comparación con el registro pluviográfico de la estación meteorológica Ikiam (M5147). Por otro lado, debido a la crisis sanitaria (COVID-19), a partir de marzo de 2020 la estación cesó el registro de precipitación debido al taponamiento del pluviógrafo por la falta de mantenimiento, por tanto, los datos de colectados en esta investigación son el único registro pluvial continuo en Tena (al menos durante el primer cuatrimestre del año) y a nivel de la ciudad. En la *figura 12* se aprecia la distribución de los totalizadores dentro de la ciudad, las plantas de tratamiento y la estación meteorológica Ikiam.

Por otro lado, la evapotranspiración potencial se estimó a partir del método empírico de Thornthwaite (1948) con base en el índice de calor anual, por lo que se emplearon los datos promedio de Temperatura de la estación Ikiam y el registro de precipitación diaria.

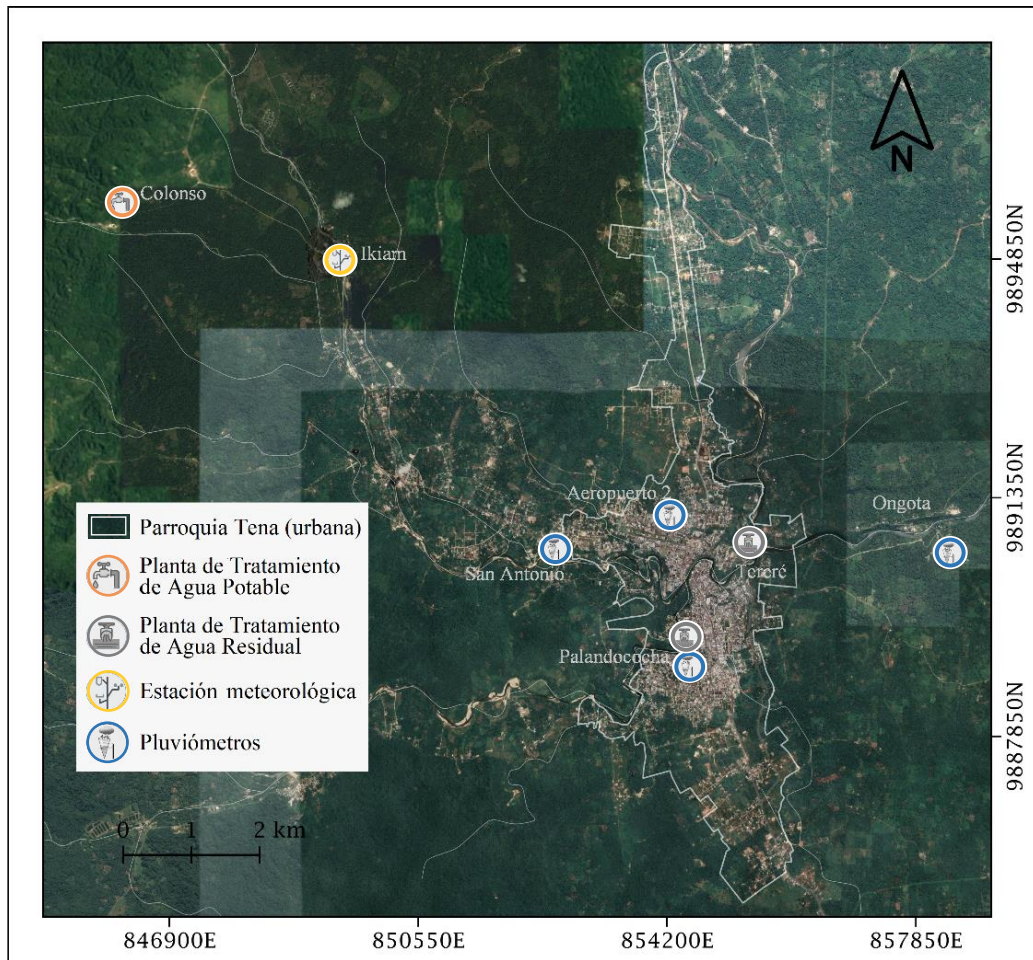


Figura 12. Zona urbana de Tena y localización de: a) Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Colonso, b) Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Tereré y Palandacochoa, c) Estación Meteorológica Ikiam, y d) Totalizadores volumétricos (pluviómetros) instalados.

2.4.3 Características de la cuenca urbana

Para la clasificación espacial de la zona urbana de Tena se empleó el registro disponible de usuarios con acceso a agua potable municipal (GAD de Tena). Dado que el suministro de agua potable es normado por diferentes tarifas de acuerdo con la categoría del servicio (residencial, comercial, industrial, u oficial) [61], la configuración del modelo en esta investigación se basó en la definición de cinco clústers según el tipo de categoría por hogar y su distribución espacial para facilitar el análisis del uso de agua urbana.

La base de datos utilizada consta de un total de 6635 registros: 79% con tarifa residencial, 17% comercial, 2% oficial, y menos del 1% industrial (*Apéndice A1*). Sin embargo, la base de datos obtenida del municipio carece de una distribución espacial concreta por lo que los clústers se definieron por agregación y a nivel de barrios, como se puede evidenciar en la *figura 13*. Cabe recalcar que la organización y digitalización de los datos se hizo de forma manual considerando el código de identificación único (CIU), número de medidor y

categoría/tarifa del servicio.

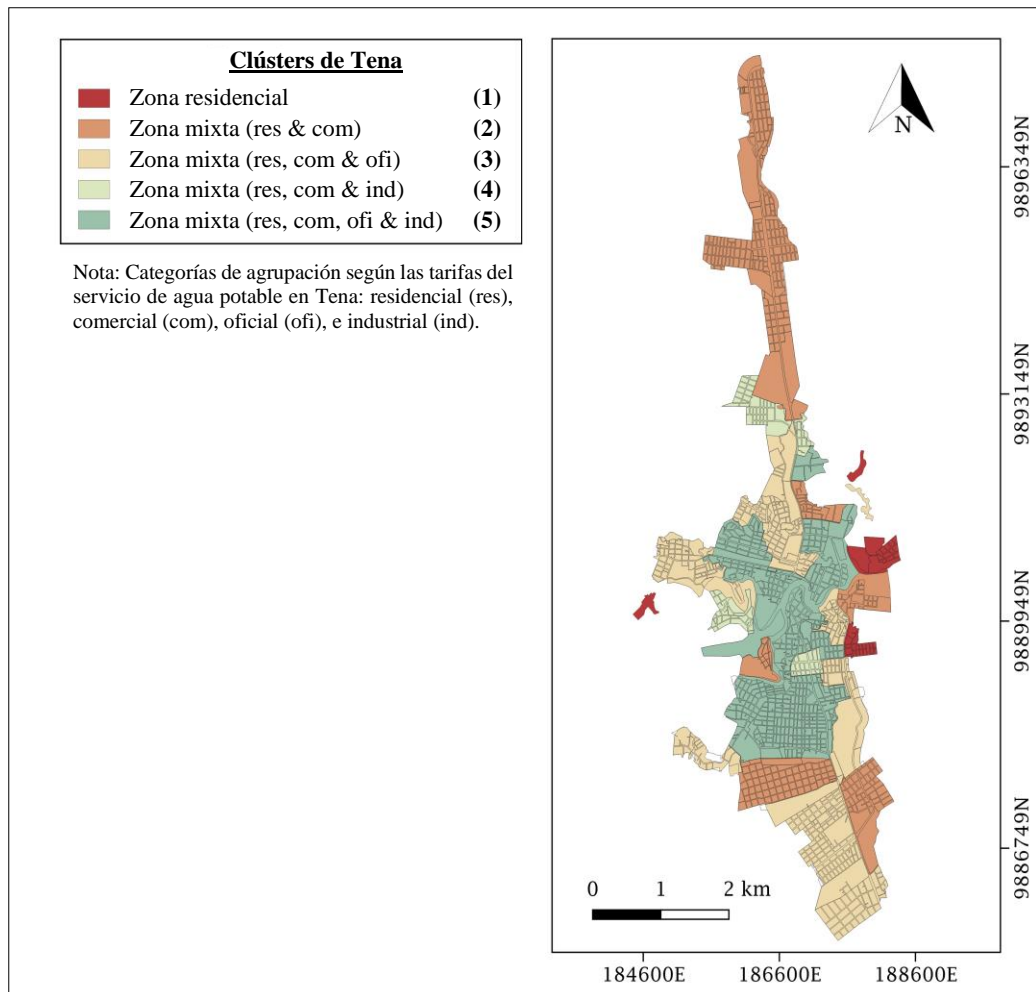


Figura 13. Límites del área de estudio y delimitación de clústers. Elaboración propia. Shapefiles del mosaico urbano de Tena y zonificación barrial obtenidos del GADM de Tena.

Se utilizó imágenes satelitales y polígonos (shapefiles) del área urbana de Tena para la definición de los parámetros que describen las tres escalas espaciales (bloque unitario, clúster y cuenca) del paquete Aquacycle. Así, para llegar a una representación simplificada de la cuenca y tener en cuenta las limitaciones de los datos, se asumió que la mayoría de los edificios pertenecen a bloques residenciales y que la proporción relativa de edificios comerciales o públicos es mínima. Por último, el número de bloques resultantes del procesamiento en SIG fue comparado con el número de medidores/conexiones [54].

El proceso realizado en el software QGIS (versión 3.13.14) se ilustra en la *figura 14*, específicamente para el clúster 2. Se inició con la delimitación del polígono del subclúster a procesar (a), empleando una ortofoto actualizada de la ciudad de Tena en el año 2020 (b). Luego, se recortó la sección clúster del 'mosaico urbano' vectorizado obtenido del departamento de ordenamiento territorial de GAD de Tena (c). Debido a que las características requeridas por el modelo son: bloques unitarios, carreteras, espacios

abiertos y jardines; los polígonos del mosaico urbano disponible tuvieron que corregirse manualmente (d). Finalmente, las características físicas (áreas, *tabla 12*) se obtuvieron usando la herramienta de geometría de la calculadora de campos (e).

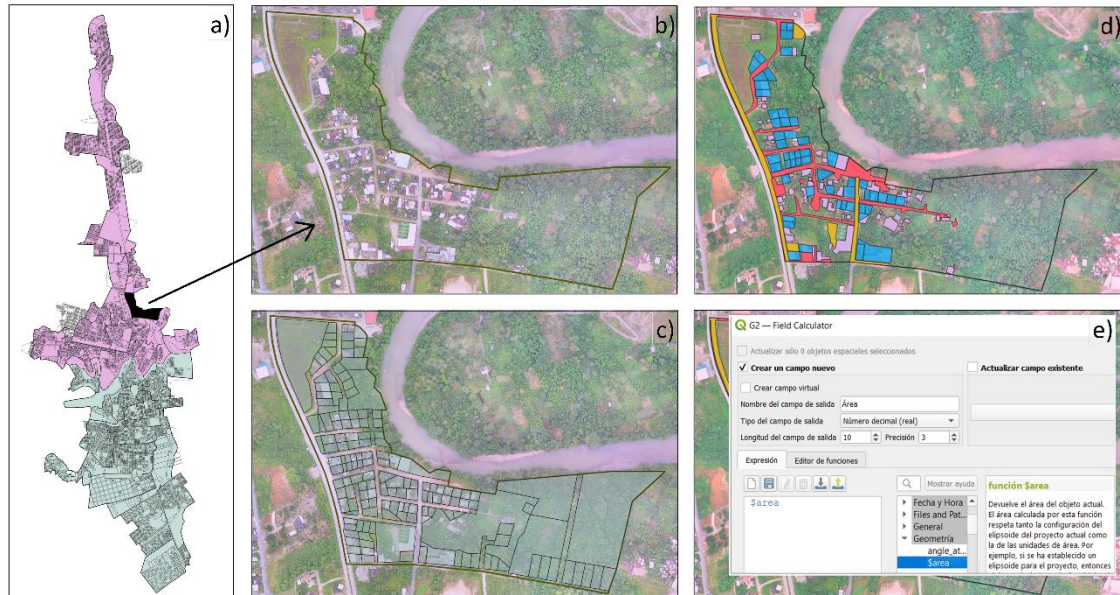


Figura 14. Procedimiento realizado en QGIS para delimitar las superficies clústers en la zona urbana de Tena: a) Selección de clúster, b) Delimitación de subclúster, c) Recorte del mosaico urbano, d) Corrección de áreas del mosaico, y e) Cálculo de áreas. Elaboración propia. Shapefiles obtenidos del GADM de Tena.

2.5 Definición de los parámetros de entrada de Aquacycle

Una vez colectados los datos, se los organizó en la forma de los seis archivos de entrada que se requieren en Aquacycle: Datos climáticos, Perfil de uso de agua interior, Bloque unitario, Clúster, Cuenca, Parámetros medidos, calibrados e iniciales [10]. Cada uno de estos se describen brevemente a continuación.

2.5.1 Archivo de parámetros de datos climáticos

Los datos climáticos utilizados por Aquacycle deben importarse mediante un archivo de valores separados por comas (CSV), pero con extensión ".clm" (*ver Apéndice B1*). La primera línea de este archivo contiene la fecha de inicio, el nombre del sitio y la fecha de finalización del período de simulación. Las líneas restantes contienen todos los datos para Tena observados como un registro diario por línea, con fecha, precipitación y evapotranspiración potencial.

2.5.2 Archivo de perfil de uso de agua interior

Los datos de uso de agua en interiores utilizados por Aquacycle deben importarse mediante

un archivo CSV, con la extensión ".wpf". La primera línea de este archivo contiene una cadena para identificar el perfil que se está cargando, de la segunda a la octava línea el número de ocupantes del 1 al 7, y el respectivo consumo doméstico diario para cocina, baño, aseo y lavandería. Finalmente, de existir, se especifica la proporción de agua caliente utilizada en cada una. El perfil generado con la información de las encuestas se aprecia en la *tabla 13*, y a su vez en el *Apéndice B2*.

2.5.3 Archivo de parámetros de bloque unitario

El archivo de bloque unitario utilizado por Aquacycle debe importarse utilizando un archivo CSV, con extensión ".ubl". La primera línea de este archivo contiene el número de clústeres configurados (en este caso cinco), y de la segunda hasta la última línea contiene 33 valores numéricos separados por comas que indican el tipo de arreglos seleccionados para cada grupo a su vez. Estos valores corresponden a preguntas respecto al: agua importada, tanques de agua lluvia, irrigación con aguas grises, almacenamiento y tratamiento de agua residual, y almacenamiento de escorrentía superficial. La *tabla 2* detalla estos parámetros, los valores adoptados y la justificación, y el archivo generado se observa en el *Apéndice B3*.

Tabla 2. Parámetros, valores y justificación del archivo bloque unitario

	<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>	<i>Justificación</i>
AGUA IMPORTADA	¿Suministra agua importada para riego de jardines?	0	No se almacenan ni utilizan aguas residuales
TANQUE PLUVIAL	Capacidad de almacenamiento (m ³)	2	Solo en los clústers 2, 3 y 5. Basado en las encuestas de uso de agua de lluvia y sistemas de recolección. Las dimensiones se obtuvieron a partir de la medición in situ del sistema principal (tanques de cemento para lavandería)
	Superficie expuesta (m ²)	1	
	Primer descarga (litros)	0	
	¿Agua caliente del tanque de agua lluvia?	0	
	¿Agua fría para cocina del tanque a lluvia?	0	
	¿Agua fría del baño del tanque de lluvia?	0	
	¿Lavar agua fría del tanque de lluvia?	1	
RIEGO SUPERFICIAL CON AGUA GRISES	¿Aguas grises de la cocina para riego?	0	No hay uso de aguas grises para riego en ningún grupo.
	¿Aguas grises del baño para riego?	0	
	¿Aguas grises de lavandería para riego?	0	
TRATAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Capacidad de almacenamiento (m ³)	0	Se realiza el tratamiento de aguas residuales de todas las descargas domiciliarias, pero no se recolectan, ni se tratan a nivel de bloques unitarios.
	Superficie expuesta (m ²)	0	
	¿Se tratan las aguas residuales de cocina?	1	
	¿Se tratan las aguas residuales del baño?	1	
	¿Se tratan las aguas residuales lavandería?	1	
	¿Se tratan las aguas residuales de inodoros?	1	
	¿Agua para retrete desde un depósito de aguas residuales?	0	

	¿Riego de jardines desde un depósito de aguas residuales?	0	
	¿Desbordamiento al alcantarillado?	1	
	¿Desbordamiento hacia aguas pluviales?	0	
ALMACENAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES A ESCALA CLÚSTER	¿Escorrentía desde bloque unitario hacia almacenamiento clúster de aguas pluviales?	0	No se almacena ni se utilizan aguas pluviales en ningún grupo
	¿Suministrar inodoros desde un almacén de aguas pluviales? (número)	0	
	¿Suministro para riego de jardines? (número)	0	
ALMACENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA CLÚSTER	¿Drenaje de aguas residuales desde bloque unitario hacia almacenamiento clúster de aguas residuales?	0	No se almacenan ni utilizan aguas residuales en ningún grupo
	¿Suministra inodoros desde un almacén de aguas residuales? (número)	0	
	¿Suministrar riego de jardines desde un almacén de aguas residuales en racimo? (número)	0	
CATCHMENT SCALE STORMWATER STORAGE	¿Suministra inodoros desde almacenamiento de aguas pluviales?	0	No se almacena ni se utilizan aguas pluviales
	¿Suministro para riego de jardines a partir de almacenamiento de aguas pluviales?	0	
ALMACENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA DE CUENCA	¿Suministro de inodoros desde almacenamiento de aguas residuales?	0	No se almacenan ni utilizan aguas residuales
	¿Suministra riego de jardines a partir del almacenamiento de aguas residuales?	0	

2.5.4 Archivo de parámetros de clúster

De manera similar, el archivo de parámetros de clúster se importa como archivo CSV, pero con extensión ".clu". La primera línea contiene el número de clústeres configurados, seguido de los parámetros para cada grupo, respecto al: agua residual, escorrentía, irrigación e información sobre el acuífero. La *tabla 3* detalla estos parámetros, y el archivo generado se observa en el *Apéndice B4*.

Tabla 3. Parámetros, valores y justificación del archivo clúster

	Parámetros	Valor	Justificación
ALMACENAMIENTO PLUVIAL	Capacidad de almacenamiento (m ³)	0	El agua de escorrentía no se almacena a nivel de conglomerados ni se recibe de otros conglomerados.
	Superficie expuesta (m ²)	0	
	Primera descarga (m ³)	0	
	¿Escorrentía superficial a depósito pluvial?	0	
	¿Recolecta aguas pluviales de otros grupos?	0	
ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Capacidad de almacenamiento (m ³)	960	El tratamiento de aguas residuales se realiza en las PTAR Tereré y Palandacocha (480 m ³ /d c/a) en el clúster 5, y se recogen las descargas de los otros grupos.
	Superficie expuesta (m ²)	0	
	¿Recolecta agua residual de otros grupos?	1	
	¿Desbordamiento al alcantarillado?	1	
	¿Desbordamiento hacia las aguas pluviales?	0	

ALMACENAMIENTO RECARGA DE ACUÍFEROS	Capacidad de almacenamiento (m ³)	0	Existe muy poca información sobre los acuíferos en la Amazonía ecuatoriana en general. Tal es el caso de los acuíferos kársticos en Napo.
	Tasa de carga máxima (m ³ /d)	0	
	Tasa de recuperación máxima (m ³ /d)	0	
IRRIGACIÓN DE ESPACIOS PÚBLICOS ABIERTOS	¿Suministro con agua importada?	0	No hay riego a nivel de clúster en general, y no se recolectan escorrentías ni aguas residuales tratadas para este fin. Esta acción sigue estando dada por la lluvia natural.
	¿Suministro de almacenamiento clúster de aguas pluviales?	0	
	¿Suministro de almacenamiento clúster de aguas residuales?	0	
	¿Suministro de un depósito de aguas pluviales de cuenca?	0	
	¿Suministro de un depósito de aguas residuales de cuenca?	0	
	¿Drena la escorrentía en un depósito clúster de aguas pluviales?	0	

2.5.5 Archivo de parámetros de la cuenca

El archivo de cuenca (o catchment) se importa como archivo CSV, pero con extensión ".cmt". Este archivo contiene solo una línea de valores con el área de la cuenca y parámetros de uso de agua de escorrentía y agua residual. El detalle se muestra en la *tabla 4* y el archivo en el *Apéndice B5*.

Tabla 4. Parámetros, valores y justificación del archivo cuenca o catchment

	<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>	<i>Justificación</i>
PROPIEDADES DE CUENCA	Tamaño de la cuenca (ha)	1518.9	El área en hectáreas de la cuenca urbana de Tena, medida en QGIS de un polígono obtenido de GAD de Tena.
ALMACENAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES	Capacidad de almacenamiento (m ³)	0	El agua de escorrentía tampoco se almacena a este nivel.
	Área de superficie expuesta (m ³)	0	
	Primera descarga (m ³)	0	
TRATAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Capacidad de almacenamiento (m ³)	0	Las aguas residuales no se almacenan a este nivel, la información ya se ha proporcionado a nivel de clúster.
	Área de superficie expuesta (m ³)	0	
	¿Se desborda el almacenamiento hacia las aguas pluviales, no al alcantarillado?	0	

2.5.6 Archivo de parámetro medidos, calibrados y almacenamiento inicial

Los parámetros medidos, calibrados, y los valores de almacenamiento inicial utilizados por Aquacycle se importan en un mismo archivo CSV, con la extensión cambiada a '.prm' (Véase el *Apéndice B6*). Las líneas del archivo están agrupadas por: parámetros medidos, parámetros calibrados y valores de almacenamiento iniciales; siendo el número de

clústeres el correspondiente al de líneas de datos. El detalle de estos parámetros se muestra en las *tablas 5, 6 y 7*.

Tabla 5. Parámetros, valores y justificación del archivo de ‘parámetros medidos’

	<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>	<i>Justificación</i>
ESCALA BLOQUES UNITARIOS	Número de bloques	150	Los detalles completos de cada bloque unitario y clúster se encuentran en la <i>tabla 3</i> . Pero los parámetros de área se midieron en QGIS de acuerdo con la clasificación por clúster y barrios. El número de ocupantes por hogar se basó en el promedio de las encuestas y la tasa de riego fue cero en el área de estudio.
	Promedio de ocupación	7	
	Área del bloque unitario (m ²)	582.3	
	Área de jardín (m ²)	217.2	
	Área de techo (m ²)	206.1	
	Área de pavimento (m ²)	154.3	
	Porcentaje de jardín irrigada (%)	0	
ESCALA CLÚSTERS	Área total del clúster (ha)	52.5	Asimismo, las áreas medidas para cada clúster se detallan en la <i>tabla 3</i> . El caudal de agua de escorrentía se obtuvo a partir de una aproximación por microtopografía, de acuerdo con la elevación promedio (descendiente del grupo 1 al 5). Y la tasa de fuga se estimó a partir del informe municipal de caudales producidos por la ETAP de Colonso de 2019-2020 y el volumen anual facturado.
	Superficie de carreteras (ha)	4	
	Área de espacio público abierto (ha)	39.7	
	Espacio abierto público irrigado (%)	0	
	Tasa de fugas (%)	50	
	¿Descargas pluviales fluyen a un clúster?	2	
	¿Descargas residuales fluyen a clúster?	0	

Tabla 6. Parámetros, valores y justificación del archivo de ‘parámetros calibrados’

	<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>	<i>Justificación</i>
AGUAS PLUVIAL ES	Porcentaje de área de almacén anterior 1 (%)	12	La calibración en aquacycle no es sencilla ya que el modelo estima simultáneamente: flujos de aguas pluviales, flujos de aguas residuales y consumo de agua. Hay 16 parámetros que deben determinarse mediante calibración, aunque es un proceso iterativo pero manual, la guía del usuario sugiere un conjunto de pasos/orden para determinar este conjunto, además de los parámetros de guía utilizados en otros estudios. En ese sentido, se utilizó para determinar los valores que mejor se ajustan a los observados. Cabe recalcar que, en ausencia de irrigación en la zona, estos parámetros no tienen peso en la salida de este flujo. Esto resultados se discuten
	Capacidad de almacén permeable 1 (mm)	40	
	Capacidad de almacén permeable 2 (mm)	250	
	Pérdida inicial máxima del área del techo (mm)	0	
	Área efectiva del techo (%)	100	
	Pérdida inicial máx. del área pavimentada (mm)	0	
	Área pavimentada efectiva (%)	100	
	Pérdida inicial máx. del área de carreteras (mm)	0	
	Área efectiva de carreteras (%)	100	
	Índice de flujo base, ratio	0.93	
Constante de recesión de flujo base, ratio	0.001		
AGUAS RESIDU ALES	Índice de infiltración, ratio	0.07	
	Constante de recesión de almacenamiento infiltración, ratio	0.1	
	Porcentaje de escorrentía superficial como entrada (%)	1	

USO DE AGUA	Porción de jardines a irrigar, ratio	0	con más detalle en la sección sobre calibración y funciones objetivas (sección de referencia).
IMPORTADA	Espacio abierto público a irrigar, ratio	0	

Tabla 7. Parámetros, valores y justificación del archivo de ‘parámetros de almacenamiento iniciales’

	<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>	<i>Justificación</i>
ESCALA BLOQUES UNITARIOS	Nivel de almacenamiento del tanque (m ³)	0	No hay almacenamiento a este nivel
	Nivel de almacenamiento de aguas residuales tratadas (m ³)	0	
ESCALA CLÚSTERS	Nivel de almacenamiento de aguas pluviales (m ³)	0	No hay almacenamiento o se desconoce con la información actual, con excepción de las aguas residuales
	Nivel de almacenamiento de aguas residuales tratadas (m ³)	50	
	Nivel de almacenamiento del acuífero (m ³)	0	

2.6 Verificación de parámetros y calibración

Dado que el algoritmo del modelo Aquacycle simula dos subsistemas del ciclo urbano del agua y sus interacciones (*figura 1*), la calibración requiere de un enfoque iterativo que se realiza mediante un proceso manual de prueba y error [6,10]. Como se describió en la sección 2.2.2, modelo conceptual y algoritmos principales (*figura 8*), el software trabaja con 16 parámetros que se determinan mediante calibración, y están agrupados según los flujos de salida: aguas pluviales, aguas residuales y agua importada (*tabla 6*).

Para determinar la bondad de ajuste de los parámetros apropiados para el modelo se evaluaron dos criterios: a) la réplica de la cantidad y b) el patrón temporal de los flujos [10]. Para el primer caso se optó por la *función objetivo* ‘SIM/REC’, la suma del flujo simulado dividida para la suma del flujo registrado, que permite medir la precisión de las estimaciones de cantidad producidas por el modelo para un conjunto de parámetros en particular. $SIM/REC = 1$, significa que la cantidad de flujo estimada y observada durante el período de tiempo son iguales, aunque no necesariamente tienen el mismo patrón temporal. Por ello, para evaluar la temporalidad se empleó el índice de eficiencia de ‘Nash-Sutcliffe’, que determina la magnitud relativa de la varianza residual en comparación con la varianza de los datos medidos u observados [62]. Esta indica qué tan bien se ajusta la gráfica de datos observados versus los simulados. Esencialmente, cuanto más cerca esté NSE de 1, más preciso es el modelo.

Para determinar estos índices se utilizó las series de datos diarios simulados por Aquacycle para los flujos de agua potable importada, producción de aguas residuales, y escorrentía superficial. Los datos observados correspondientes se obtuvieron del registro diario de producción de agua potable de la planta Colonso en 2020, y de depuración de agua residual de las plantas Tereré y Palandacocha para el mismo año, ambas series proporcionadas por

el GAD de Tena. Finalmente, la escorrentía superficial se estimó a partir del coeficiente de escorrentía ($C = 0.3$) y registro de precipitación diario [63]. Los archivos se pueden evidenciar en el *Apéndice B7*, y en la selección del coeficiente C se discute con mayor detalle en la *sección 4.3*.

2.7 Indicadores de desempeño

Basado en la metodología propuesta por Kenway y Paul [16,17], se emplearon indicadores cuantitativos de: intensidad de uso de agua, suministro centralizado, y potencial de diversificación o reemplazabilidad del suministro de agua. Pues estos permiten evaluar el desempeño metabólico de los flujos de agua en términos de subutilización, a partir de los datos a partir de los datos derivados del balance de agua urbana.

Tabla 8. Indicadores de desempeño y su definición en el estudio

	<i>Indicador</i>	<i>Método</i>	<i>Formula</i>
POBLACIÓN E INTENSIDAD DE USO DE AGUA	Densidad poblacional (Po/Km ²)	Población / Área	Pop/A
	Intensidad de uso de agua (GL/km ²)	Uso de agua total / Área	(C+D)/A
CENTRALIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA	Centralización de suministro (%)	Suministro centralizado / agua total utilizada	$C/(C+D)*100$
	Agua lluvia colectada (%)	Fuentes descentralizadas / Precipitación	$D/P*100$
POTENCIAL PLUVIAL	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Precipitación / suministro centralizado	$P/C*100$
	Reemplazabilidad de uso total (%)	Precipitación / agua total utilizada	$P/(C+D)*100$
POTENCIAL DE ESCORRENTÍA	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Escorrentía / suministro centralizado	$Rs/C*100$
	Reemplazabilidad de uso total (%)	Escorrentía / agua total utilizada	$Rs/(C+D)*100$
POTENCIAL DE AGUA RESIDUAL	Aguas residuales tratadas (%)	Aguas residuales tratadas / Aguas residuales generadas	$W'/W*100$
	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Aguas residuales / suministro centralizado de agua	$W/C*100$
	Reemplazabilidad de uso total (%)	Aguas residuales / agua total utilizada	$W/(C+D)*100$

2.8 Escenarios de uso de agua lluvia

Para representar el desempeño de los dispositivos de almacenamiento en términos de aprovechamiento y recolección de agua lluvia según la demanda en la ciudad, se optó por simular dos escenarios para compararlos con la línea base obtenida previamente en Aquacycle. Los resultados para el parámetro ‘demanda de agua lluvia’ se visualizan en el balance de agua urbana como ‘agua descentralizada’. En ese sentido, dado que una diferencia importante entre los clústers es la utilización o no del agua lluvia, el primer escenario corresponde a la suposición de que además del uso para lavado de ropa, también se emplee para fines de descarga del retrete (como se manifestó en la mayoría de las encuestas y visitas realizadas). Y en el segundo escenario, que todos los clústers replican este manejo del agua lluvia en el hogar (*tabla 9*).

Tabla 9. Escenarios y línea base de demanda de agua lluvia colectada por los hogares de Tena, para usos que no implican consumo y aseo corporal.

	Demanda de tanque pluvial	Clústers
Línea base	Usos de lavandería	2, 3, 5
Escenario 1	Usos de lavandería e inodoro	2, 3, 5
Escenario 2	Usos de lavandería e inodoro	1, 2, 3, 4, 5

Adicionalmente, para mostrar la diferencia en el aprovechamiento de agua lluvia en términos de los indicadores de desempeño (*tabla 8*), se recalcularon los indicadores de precipitación (porcentaje de recolección de agua lluvia y de reemplazabilidad del agua importada) con los resultados los dos escenarios simulados.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

3.1 Evaluación de la calidad de datos

La *tabla 10* muestra los resultados de la evaluación de calidad de datos para las variables empleadas en el balance de masas de agua urbana. La clasificación se realizó con base a las fuentes de información disponibles para el estudio, las variables: área, agua centralizada, población y agua residual, tienen categoría media (Med); la variable precipitación y evapotranspiración con categoría baja (Low); y finalmente, ausencia de datos (N. A) para las variables: agua lluvia descentralizada, agua reutilizada, escorrentía superficial e infiltración.

Tabla 10. Evaluación de la calidad de datos para las variables del balance de masas de agua.

Área	Centralizada o Importada	Descentralizada (lluvia)	Precipitación	Reúso
A	C	D	P	Re
Med	Med	N. A	Low	N. A
Población	Agua Residual	Escorrentía Superficial	Infiltración subterránea	Evapotranspiración
Po	W	Rs	G	ET
Med	Med	N. A	N. A	Low

Nota: High = datos derivados de registros independientes o publicaciones oficiales; Med = datos derivados del modelado o la comunicación personal con personal calificado; y Low = datos derivados de múltiples fuentes. N.A = faltante o ausencia de datos.

3.2 Perfil de uso de agua doméstico

En la tabla 11 se muestra el perfil diario de uso de agua doméstico, generado con la información recolectada en las encuestas sobre las prácticas de consumo y uso de agua en Tena, y basado en el patrón típico desarrollado por Michell [6]. El perfil es una representación del gasto de agua, en Litros por día, de los diferentes componentes del domicilio (cocina, baño, retrete y lavandería) y por número de ocupantes según el tipo de hogar.

Tabla 11. Perfil de uso de agua doméstico estimado para Tena (L/día)

Número de ocupantes del hogar	Cocina	Baño	Retrete	Lavandería	
1	44.6	66.2	61.2	75.1	247.1
2	68.6	132.4	122.4	123.5	447.0
3	89.4	198.7	183.6	156.9	628.5
4	110.2	264.9	244.8	195.3	815.2
5	131.0	331.1	306.0	228.7	996.8
6	153.3	397.3	367.2	267.1	1184.8
7	173.8	463.5	428.4	300.5	1366.2

3.3 Características de la cuenca urbana

En la sección 2.3.3 se describió el proceso realizado en QGIS para medir las áreas de los diferentes grupos en la cuenca urbana de Tena (ver *figuras 9 y 12*), y en la *tabla 12* se presentan estas características físicas. Siguiendo los requerimientos del modelo Aquacycle [6,10], se midieron en kilómetros todos los bloques unitarios o residencias, las áreas pavimentadas y espacios abiertos para los tres niveles espaciales: bloques unitarios, clústers y cuenca (ver *figura 7*).

Tabla 12. Características físicas medidas (km²) para los tres niveles espaciales en la cuenca urbana de Tena.

Clúster ID	Escala de bloques unitarios					Escala de clústers		
	Número de bloques unitarios	Área total de bloques	Área total de techos	Área total de jardines	Área total pavimento	Área total carreteras	Área de espacios abiertos	Área total
1. Zona residencial completa	150	0.087	0.031	0.032	0.023	0.040	0.397	0.525
2. Zona mixta (com & res)	834	0.447	0.314	0.063	0.069	0.610	3.534	4.591
3. Zona mixta (ofi, com & res)	1389	0.935	0.728	0.118	0.087	0.417	3.398	4.751
4. Zona mixta (ind, com & res)	369	0.212	0.144	0.033	0.032	0.065	0.531	0.809
5. Zona mixta (ind, ofi, com & res)	3350	1.785	1.478	0.233	0.064	0.806	1.915	4.508
Escala de Cuenca	6092	3.467	2.695	0.482	0.227	1.939	9.776	15.184

3.4 Calibración y funciones objetivo

La *tabla 13* muestra los resultados de las funciones objetivos empleadas para evaluar la precisión, en cantidad y temporalidad, de los flujos simulados para: agua importada, descargas residuales y escorrentía superficial. Así como los gráficos de dispersión de los datos observados y simulados (*figura 15*). Los valores de los parámetros calibrados se pueden ver en la *tabla 6, sección 2.5*.

Tabla 13. Resultados de las funciones objetivo SIM/REC y NSE

	SIM/REC	Nash-Sutcliffe
Descargas residuales	0.93	0.60
Agua importada	0.92	0.40
Escorrentía superficial	1.10	0.99

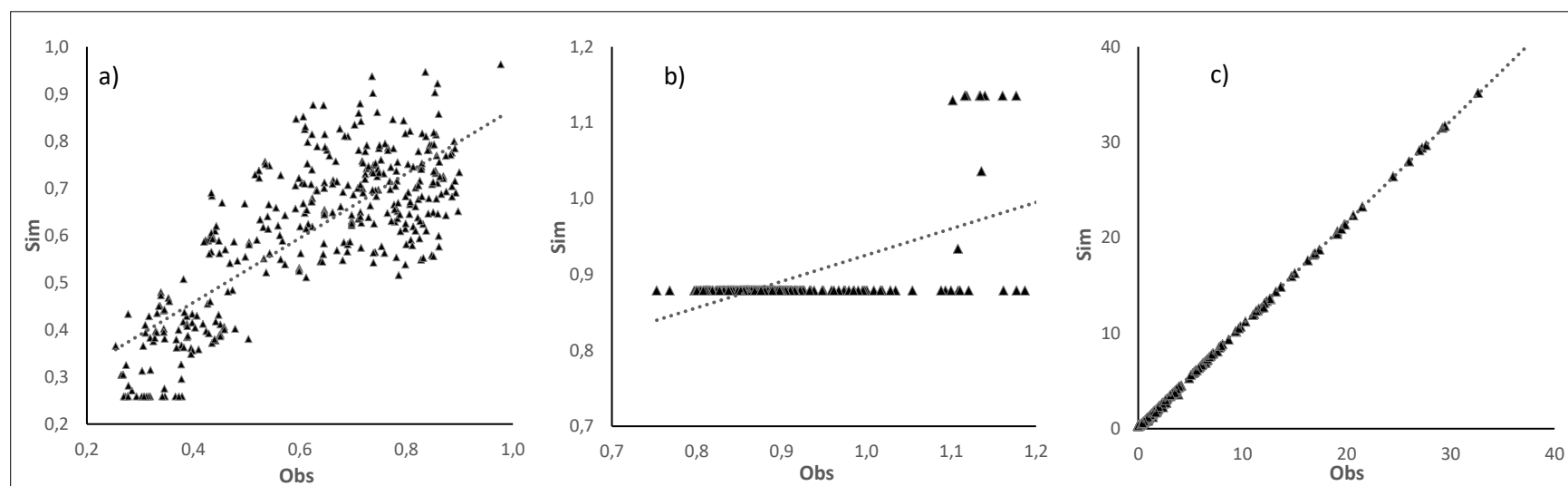


Figura 15. Gráficas de dispersión de flujos observados vs simulados para: a) descargas residuales, b) agua importada y c) escorrentía superficial.

3.5 Descargas de agua doméstica

La *tabla 14* y *figura 16*, muestran los caudales de aguas residuales domésticas grises y negras (en Kilotros) generadas en el año 2020. Las aguas grises agrupan los flujos provenientes de la cocina, lavandería y baño, excluyendo las aguas del retrete, las cuales representan las aguas negras del hogar. A su vez en el gráfico se muestra el agua utilizada para irrigación, aunque es nulo o no se registró en el muestreo realizado.

Tabla 14. Descargas de aguas residuales en Kilotros generadas en Tena en 2020.

	Cocina	Baño	Retrete	Lavandería	
Clúster 1	9541.62	25446.15	23519.16	19215.00	77721.93
Clúster 2	53051.41	141480.59	130766.53	106835.40	432133.93
Clúster 3	88355.40	235631.35	217787.42	177930.90	719705.07
Clúster 4	23472.39	62597.53	57857.13	47268.90	191195.95
Clúster 5	213096.18	568297.35	525261.24	429135.00	1735789.77
Cuenca	387516.99	1033452.97	955191.48	780385.20	3156546.65

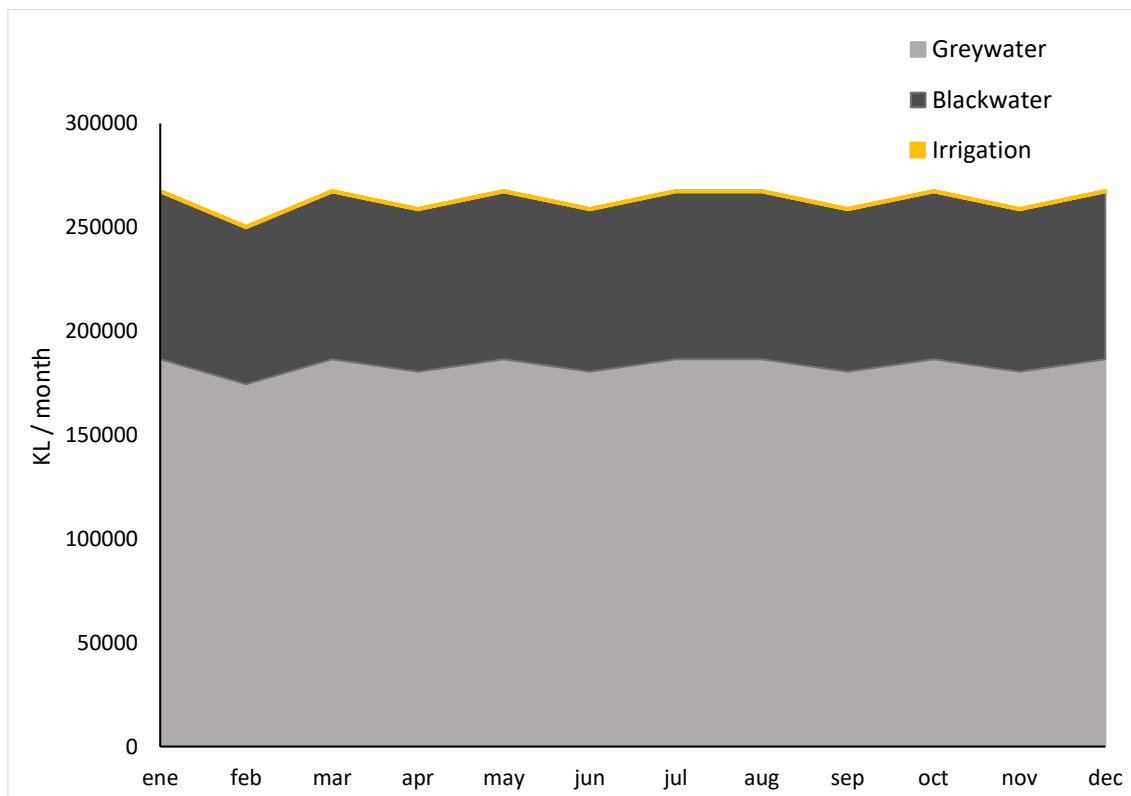


Figura 16. Descargas de aguas grises y negras mensuales en Kilotros (KL) para Tena en 2020.

3.6 Balance hídrico en Tena

Como resultado de la modelación en Aquacycle, la *tabla 15* y *figura 17* muestran el balance hídrico en Tena para el año 2020, en Gigalitros y Kilolitros, respectivamente. Los flujos considerados son: Precipitación, Agua importada o centralizada, Agua lluvia descentralizada, Descargas residuales, Escorrentía superficial, y Evapotranspiración Potencial.

Tabla 15. Balance hídrico en Gigalitros (GL) para la ciudad de Tena en 2020.

Límites del sistema (km ²)	Población ('000)	Entradas				Salidas				
		Agua importada o centralizada	Agua descentralizada (lluvia)	Precipitación	Agua reusada	Descargas residuales	Escorrentía superficial	Infiltración subterránea	Evapotranspiración potencial	Cambio de almacenamiento
A	Po	C	D	P	Re	W	Rs	G	ET	ΔS
15.18 ^a	40 ^b	4.92 ^c	0.71 ^e	61.70 ^a	0	3.37 ^c	20.90 ^c	ND ^d	17.06 ^{a c}	25.97

Nota: Fuentes de datos: ^a medidos en SIG y/o campo; ^b externa GAD Tena, ^b Senplades e INEC; ^c simulados en Aquacycle; ^d No Determinados; ^e Solo uso de agua lluvia (fuente descentralizada).

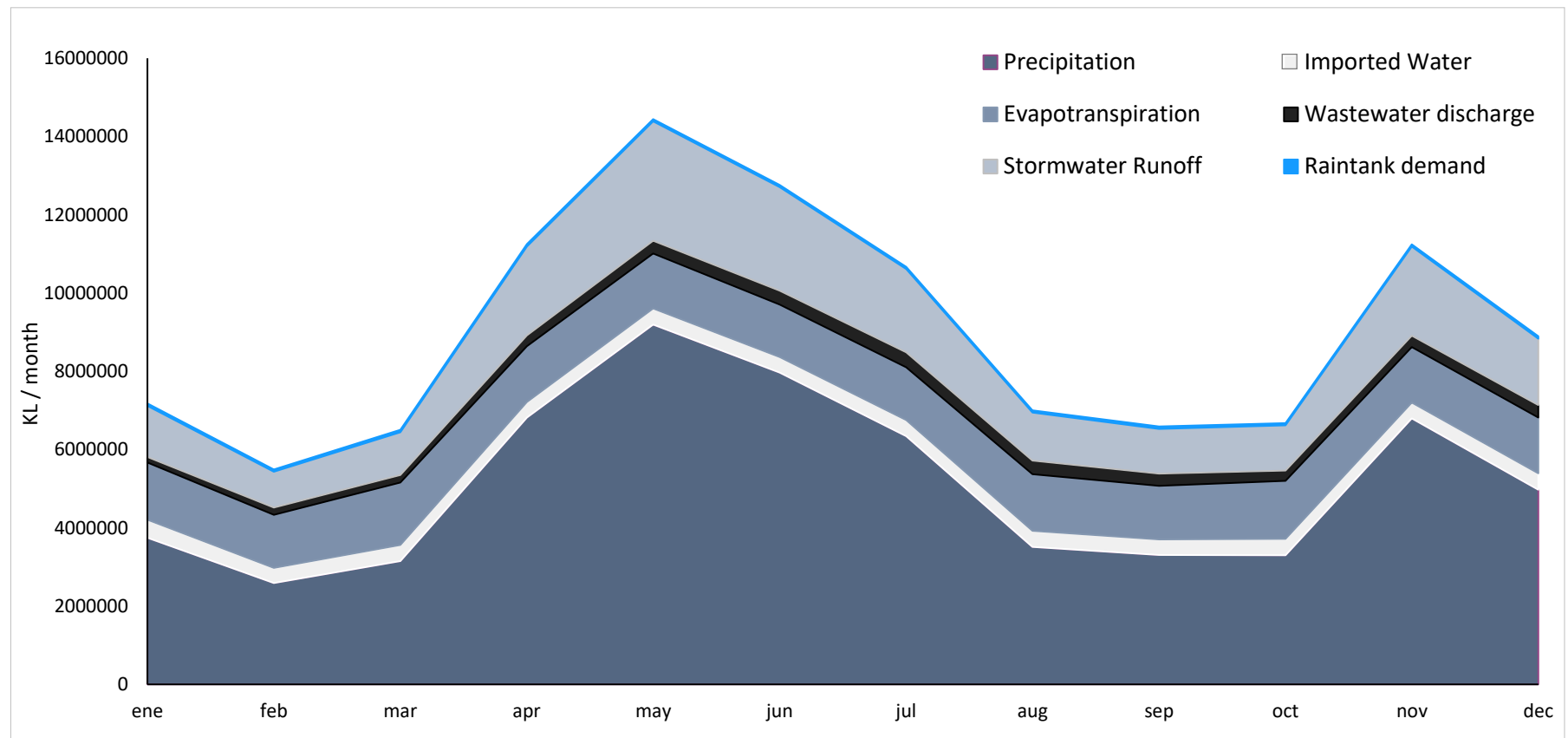


Figura 17. Balance hídrico en Kilitros (KL/mes) para la ciudad de Tena en 2020.

3.7 Indicadores de desempeño

La *tabla 16* muestra los indicadores de desempeño derivados del balance de masas para la ciudad de Tena. Desde la densidad de población, intensidad de uso de agua, al porcentaje de centralización del agua en el límite urbano, así como el uso de otras fuentes como: agua lluvia, agua de escorrentía y residual; y el potencial de reemplazabilidad como una estrategia de manejo.

Tabla 16. Indicadores de desempeño derivados del balance hídrico para el año 2020 en Tena.

Densidad poblacional (Po/km ²)	Intensidad de uso agua (GL/km ²)	Centralización de suministro de agua (%)	Precipitación			Aguas residuales			Escorrentía superficial	
			Agua lluvia colectada (%)	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Reemplazabilidad uso total (%)	Agua residual tratada (%)	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Reemplazabilidad de uso total (%)	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Reemplazabilidad de uso total (%)
(Po / A)	(C + D) / A	C / (C + D)	(D / P)	(P / C)	P / (C + D)	(W' / W)	(W / C)	W / (C + D)	(Rs / C)	Rs / (C + D)
2634.97	0.37	87.33	1.16	1254.50	1095.49	11.54	68.52	59.83	425.00	371.13

3.8 Escenarios de uso de agua pluvial

En la *tabla 17* se muestran los resultados de la simulación realizada para evaluar el desempeño de los sistemas de recolección de agua lluvia según la demanda en Tena. La línea base contempla, para los tres clústers definidos, el uso de agua lluvia para fines domésticos de lavandería. En el primer escenario, para estos mismos grupos, se adicionó la utilización del agua para descargas de retrete, mientras que el segundo se simula un escenario en el que todos los clústers replican ambas prácticas de aprovechamiento de agua lluvia para fines no consuntivos. Adicionalmente, se muestran los indicadores de desempeño recalculados para la precipitación con los datos de los escenarios (*tabla 18*).

Tabla 17. Escenarios y línea base de los sistemas de recolección de agua lluvia según la demanda de agua en los hogares de Tena (GL/año), para usos domésticos no consuntivos.

		Demanda de agua lluvia (recolectada)	Disponibilidad de agua lluvia (potencial)	Capacidad de dispositivos de almacenamiento
LINEA BASE	Clúster 1	--	--	--
	Clúster 2	0.10	1.27	0.61
	Clúster 3	0.17	2.96	1.01
	Clúster 4	--	--	--
	Clúster 5	0.42	6.01	2.45
	Cuenca	0.71 ^a	10.24 ^b	4.07 ^c
PRIMER ESCENARIO	Clúster 1	--	--	--
	Clúster 2	0.23	1.27	0.61
	Clúster 3	0.39	2.96	1.01
	Clúster 4	--	--	--
	Clúster 5	0.95	6.01	2.45
	Cuenca	1.58	10.24	4.07
SEGUNDO ESCENARIO	Clúster 1	0.04	0.12	0.10
	Clúster 2	0.23	1.27	0.61
	Clúster 3	0.39	2.96	1.01
	Clúster 4	0.10	0.58	0.27
	Clúster 5	0.95	6.00	2.45
	Cuenca	1.73	10.95	4.45

Nota: ^a Volumen de agua lluvia (descentralizada) reportado en el balance hídrico de Tena en el año 2020, línea base.

^b Disponibilidad de agua lluvia (potencial) que podría ser captada considerando un área de techo efectiva del 100% [10]. ^c Para la simulación del modelo se utilizó como dispositivo predominante al tanque de cemento de lavado de ropa de 1200 L, que estaría presente la mayoría de los hogares en Tena según las encuestas realizadas.

Tabla 18. Indicadores de desempeño para el agua lluvia descentralizada, línea base y escenarios.

	Agua lluvia descentralizada (GL) D'	Agua lluvia colectada (%) D' / P	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%) D' / C
LÍNEA BASE	0.71	1.16	14.51
ESCENARIO 1	1.58	2.56	32.11
ESCENARIO 2	1.73	2.80	35.16

CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de calidad de datos

Como se muestra en la *tabla 10*, ninguna de las variables posee una clasificación ‘alta’ en la evaluación de calidad de fuentes de información. Por otro lado, las variables: área, agua importada, población y descargas residuales, tienen categoría ‘media’ debido al procesamiento de los datos proporcionados. Específicamente, para el parámetro Área (A) se hicieron ajustes en los shapefiles del área urbana para representar apropiadamente los clústers seleccionados [30]. La estimación de la población (Po) de Tena en 2020 se asumió como la media de las proyecciones de tres fuentes [28,30,64]. La información sobre el agua importada (C) y residual (W), a su vez, se obtuvieron de los registros diarios y mensuales de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Colonso y las Plantas Depuradoras de Agua Residual Tereré y Palandacocha, ambas bases de datos requirieron de relleno de información faltante (método de regresión lineal) [64].

Las variables categorizadas con nivel ‘bajo’ se deben a la falta de un registro local de la precipitación, la misma que es necesaria para el cálculo empírico de la evapotranspiración. En ese sentido, parte del trabajo en esta investigación fue la elaboración de un registro propio de la Precipitación acumulada (P) diaria durante el año 2020 en Tena, que se complementó con datos de Temperatura de la estación meteorológica Ikiam para la derivación de datos de Evapotranspiración potencial (ET). Esto se realizó debido a que es la estación más cercana al área de estudio, y también es importante cabe destacar que durante el primer cuatrimestre de la crisis sanitaria COVID-19 el registro pluviográfico en la estación Ikiam se interrumpió por la falta de mantenimiento, por lo que el trabajo realizado es un complemento importante al monitoreo de esta variable.

Por último, para la ausencia de información ‘N. A’, la escorrentía superficial (Rs) se obtuvo de la modelación y calibración realizada en Aquacycle. La información de agua lluvia descentralizada (D) y reutilizada (Re) se recopiló mediante las encuestas sobre uso y prácticas de consumo de agua en Tena, aunque no fue posible determinar datos de infiltración (G) por ausencia de información complementaria [30].

4.2 Perfil de uso de agua doméstico en Tena

El perfil de uso de agua generado para Tena, *tabla 11*, muestra el consumo de agua diario en litros para los diferentes usos domésticos (cocina, baño, retrete y lavandería) y a su vez por número de ocupantes. Para hogares unipersonales, el consumo de agua es similar a la dotación per cápita en Ecuador, entre 230 y 250 L/día [65,66]. Sin embargo, es menor al valor reportado para Tena, >320 L/hab/día [23,31,32,60]. Esto puede deberse a que en los reportes municipales suelen considerarse los caudales totales producidos dividido para la

población, lo cual no representa el consumo real por los usuarios. En el caso de Tena, la PTAP Colonso produce más de 7 GL/año [67], pero menos del 40% de este caudal es contabilizado por los micromedidores en la ciudad, y por ende facturado, ya que existen pérdidas de conducción y distribución entre la planta de tratamiento, los tanques de almacenamiento y las redes de agua municipal en la ciudad. El bajo costo del agua municipal también podría estar relacionado con la alta demanda urbana, pues la tarifa actual es menor a 0.1 USD por m³ [60].

Estas pérdidas de agua transportada también están ligadas a las fallas del diseño de las redes de abastecimiento y drenaje convencional, la falta de monitoreo y de mantenimiento en la red, y también las condiciones climáticas [68]. Pues en Tena, con regularidad las precipitaciones intensas suelen ocasionar deslizamientos y roturas en las tuberías, y finalmente el uso inadecuado por los usuarios, como conexiones clandestinas, agrava el desperdicio de agua [27,67].

Por otro lado, aunque el consumo excesivo de agua en Tena no está del todo ligado al uso doméstico, el perfil generado muestra un consumo per cápita mucho mayor si compara con otros casos de estudio que emplearon el mismo modelo (*Anexo 4*). Es importante resaltar las diferencias entre estos, no solo de la precipitación, sino también las diferentes realidades y contextos que han impulsado a que varias ciudades actualmente implementen medidas para ahorrar agua, como: tarifas para el cuidado de las cuencas de abastecimiento, reciclaje de aguas domésticas, captación de agua lluvia como fuente alternativa, etc. [39,69,70].

4.3 Características de la cuenca y coeficiente de escorrentía

Como se describió en las *secciones 2.2.2 y 2.4.3*, el área urbana de estudio se clasificó en las tres escalas espaciales que emplea el software Aquacycle (bloques unitarios, clúster y cuenca), y a su vez los grupos de la zona de estudio fueron delimitados por agregación según la categoría del servicio de agua municipal en Tena (*figura 13*). Más adelante, en la *sección 4.8* se muestra que esta clasificación puede ser empleada para evaluar si existen diferencias por sectores en los patrones de uso de agua y fuentes alternativas [10].

Respecto a las superficies medidas en los cinco grupos, los clústers 1 y 4 son los más pequeños con menos de 1 km², mientras que los clústers 2, 3 y 5 tienen áreas totales mayores a 4.5 km². Sin embargo, en términos relativos los porcentajes de los bloques unitarios, carreteras y espacios abiertos son similares, en toda la cuenca: 22%, 12% y 66%, respectivamente (*tabla 12*).

Es importante recalcar que la abundancia de áreas abiertas y/o con cubierta vegetal fue un factor clave al determinar el coeficiente de escorrentía (C), utilizado más adelante para la

calibración del modelo. Este coeficiente adimensional relaciona la cantidad de lluvia precipitada que generará escorrentía, y los valores fluctúan entre 0 y 1, siendo mayores en zonas impermeables [71,72]. En investigaciones realizadas en centros poblados dentro de la cuenca Amazónica (noroeste) [73,74] se han reportado valores de C entre 0.6 y 0.7, lo cual a su vez se recomienda para estudios hidrológicos con el método racional y periodos de retorno cortos ($tr = 2$) [72]. Sin embargo, estos valores de alta impermeabilidad no se adaptan a las características de la cuenca de estudio, en ese sentido, se consideró los criterios: tipo de suelo (franco arenoso-arcilloso), tipo de uso (urbano-residencial) y pendiente ($\leq 7\%$), optando así por un coeficiente $C = 0.3$ (Anexo 5). La descripción de la bondad de ajuste de los caudales simulados por el modelo versus los datos observados se describe en la siguiente sección.

4.4 Verificación de parámetros y calibración

Luego de determinar los parámetros de calibración para los flujos modelados: agua importada, descargas residuales y escorrentía superficial, la bondad de ajuste de estos caudales (*tabla 13*) se evaluó con las funciones objetivo SIM/REC y Nash-Sutcliffe. Para el primer caso, en términos de cantidad los volúmenes anuales simulados presentaron un excelente desempeño para los tres flujos, con 0.92, 0.93, y 1.10, respectivamente.

Por otro lado, los resultados de la función Nash-Sutcliffe fueron diferentes para los tres casos: 0.99 para escorrentía superficial, 0.60 para descargas residuales, y 0.40 para el agua importada. Los valores del coeficiente NSE pueden agruparse en: Muy bueno ($0.75 < NSE \leq 1.00$), Bueno ($0.65 < NSE \leq 0.75$), Satisfactorio ($0.50 < NSE \leq 0.65$), e Insatisfactorio ($NSE \leq 0.50$) [63,75]. En ese sentido, las simulaciones de los flujos de agua residual y escorrentía se ajustan satisfactoriamente a los datos observados. Pero no es el caso para el agua importada para consumo. En la *figura 15* se observa que no hay gran variabilidad de este flujo a lo largo del año, en comparación a los otros dos gráficos de dispersión.

El algoritmo del modelo Aquacycle (*figura 8*) considera al agua importa en el área urbana como la suma del agua residencial utilizada (perfil), las fugas existentes y la irrigación. En este aspecto, es posible que la falta de irrigación en la zona de estudio influya en la temporalidad del flujo, de hecho, los dos parámetros de calibración del agua importada (*tabla 6*) se refieren a la irrigación de jardines y espacios abiertos y, dado que no existe en la zona de estudio, estos no aportan variabilidad al caudal simulado [10]. Por otro lado, la tasa de fugas también es un parámetro no estudiado y que podría tener un patrón temporal diferente a lo largo del año, dependiendo de la actividad humana y los eventos ocasionados por precipitaciones intensas, que son comunes en Tena [76,77].

4.5 Descargas domésticas

El perfil de uso de agua doméstico de Tena es utilizado por el algoritmo de Aquacycle para estimar la cantidad de agua importada en el área urbana y a su vez las aguas residuales generadas [6]. En la *tabla 14* se muestran estas descargas residuales para cada clúster y a escala de cuenca, y dado que los grupos 1 y 4 abarcan áreas más pequeñas (barrios) los caudales son menores en comparación. Por otro lado, en la *figura 16* se muestran estos volúmenes agrupados en: 'aguas grises', que incluye las aguas de cocina, baño y lavandería; y 'aguas negras', que representan las descargas de retrete. También se muestran la categoría de irrigación como una salida del modelo, pero como se describió anteriormente, en Tena es mínimo o al menos no se registró en las encuestas realizadas en la ciudad.

Las descargas residuales por uso doméstico generadas en el año equivalen a 3.15 GL, de los cuales el 30.3% corresponde a aguas negras y 69.7% a aguas grises. De este último, 17.6% se debe a las descargas de aguas de la cocina, el 35.5% por lavandería, y el 46.9% por usos del baño (excluyendo el retrete). En conjunto, estas descargas representan el 93.3% de las aguas residuales urbanas generadas en el año (véase el balance hídrico, *tabla 15*), y el volumen restante por los aportes de infiltración de aguas pluviales en el sistema de aguas residuales (alcantarillado combinado) [10]. En la siguiente sección se explica, con los indicadores de desempeño, cómo estos flujos de descargas urbanas a su vez pueden considerarse un recurso potencial para la reutilización [78].

4.6 Balance hídrico en Tena

El balance hídrico para de Tena, basado en el balance de masas definido en la *figura 9*, consideró 7 variables de entrada y salida en el sistema urbano. Los caudales para cada una se muestran en la *tabla 15* y *figura 17*, siendo la Infiltración subterránea (G) el único flujo no determinado debido a la falta de estudios hidrogeológicos en la zona [30].

Para el año de estudio los flujos de entrada en totales fueron 67.3 GL, considerando las variables: Precipitación, Agua Importada y Agua lluvia descentralizada, cuyos aportes fueron de 91.6%, 7.3% y 1.1%, respectivamente. Claramente, los aportes de precipitación natural son los principales en la cuenca, lo cual es congruente considerando el alto régimen pluvial en la Amazonía ecuatoriana [33].

Respecto a los flujos de salidas, el volumen total resultó 41.3 GL entre los flujos: Evapotranspiración, Descargas residuales y Escorrentía superficial, que representan el 41.2%, 8.18% y 50.5%, respectivamente. En teoría, por el principio de conservación las entradas deberían ser iguales a las salidas, pero existe una diferencia de 25.9 GL, generalmente esto se debe a errores de cálculo, imprecisiones de datos o errores en la estimación de la infiltración [16,17]. En este caso, la disimilitud en el almacenamiento

(38.6%) se atribuye más al último caso, aunque bajo determinados criterios de expertos, este volumen podría considerarse como la recarga subterránea [79], pero no se consideró en este estudio por la falta de datos complementarios.

4.7 Indicadores de desempeño hídrico

Los resultados de los indicadores de desempeño obtenidos en esta investigación se compararon con los casos de estudio de: Sídney, Melbourne, Queensland, Perth y Bangalore (*Anexo 6*), dado que hasta la fecha no se han realizado análisis similares en Sudamérica o en la región Amazónica [16,17].

El primer indicador de 'densidad poblacional' resultó en 2634.9 Hab/km², el más similar de los casos de estudio es Sídney con 2977 Hab/km². El caso de Tena es particular, considerando que es la segunda parroquia urbana más densamente poblada en la amazonía ecuatoriana, con 376 hab/km² (*anexo 2*) [80,81]. Aunque cabe destacar que la parroquia Tena y la cuenca urbana de Tena estudiada tienen diferentes superficies, 79.5 y 15.2 km², respectivamente. Y, como no se cuenta con el Censo oficial para el año de estudio, se emplearon proyecciones poblacionales del 2010 y 2013 [29,57]. También es importante destacar el impacto que la Universidad Ikiam tendrá en la expansión demográfica futura, que empezó a funcionar en 2014 y se proyecta una expansión de más de 3.500 personas hasta el año 2025 [35].

Por otro lado, la provincia de Napo es la tercera provincia amazónica más densamente poblada, pero la que mayor consumo de agua potable per cápita tiene (323 l/hab/día), véase *anexos 1 y 3* [34,82]. Lo cual tiene relación con el indicador de 'intensidad de uso de agua', 0.37 GL/km², este valor es similar a las cuatro ciudades australianas evaluadas, aunque Tena es 100 veces más pequeña en comparación (ver *Anexo 7*).

El indicador 'centralización de suministro' se refiere a la porción de agua importada o centralizada, frente al uso de agua potable total. En el caso de Tena, fue 87.3%, diferente a las ciudades de Sídney, Melbourne y Queensland, cuyo suministro se encuentra centralizado casi en su totalidad. El porcentaje de 'descentralización' en Tena se debe a los sistemas de recolección de agua lluvia presentes en la ciudad, aunque solo se recolecta el 12.7% del agua lluvia precipitada, pero aun así es mayor que la mayoría de los casos de estudio en comparación, con excepción de Perth (22%). Es importante destacar que el porcentaje de 'reemplazabilidad' de agua pluvial es significativamente superior a todas las otras ciudades, ya sea por el potencial de sustitución de todo el suministro centralizado (1254%) o la demanda total de agua en la urbe (1095%), lo cual se debe al alto régimen de precipitación en la región [33].

Respecto al agua residual, se añadió el indicador 'descargas residuales tratadas', para

resaltar la diferencia en el saneamiento entre Ecuador y los casos de estudio. En el país se estima que solo un 10% de las aguas residuales reciben un tratamiento adecuado [23,83], no obstante, existen casos puntuales como la ciudad de Cuenca en la que la depuración de las descargas residuales está fuertemente contemplada en la gestión hídrica (cobertura mayor al 80%) [27,84]. En general el porcentaje de tratamiento suele ser menor en sectores desatendidos de la Amazonía, pero Tena es un caso particular por la presencia de dos plantas de tratamiento de alta calidad (biorreactor de membranas con 98% de eficiencia) [30,36,85]. En la *figura 18* se muestra el drenaje de aguas residuales en Tena, distribuido en 61.1 km entre las PTAR (Tereré y Palandacocha) y el norte de la ciudad. Con este contexto, el indicador calculado (11.5%), indica la diferencia entre los caudales depurados por las plantas (registro del GAD de Tena en 2020) y los caudales residuales producidos en la ciudad (resultados de la simulación). Si bien no se puede inferir que la cobertura del alcantarillado sanitario actual no abastece la totalidad de aguas residuales urbanas generadas, este es un dato interesante para abordar en futuras investigaciones. Y también hay que considerar los aportes importantes del agua lluvia en el sistema de drenaje, puesto que es combinado [30].

En comparación a los casos de estudio, las tecnologías de tratamiento de aguas residuales en las ciudades de Australia permiten depurar alrededor del 85% de sus descargas y, al menos, el 37% en Bangalore, India [86,87]. La reutilización de estos flujos bajo un determinado tratamiento es posible debido a que solo 0.1% de las descargas son sólidos contaminantes y el resto es agua, lo cual es particularmente útil en regiones que enfrentan sequías y grandes demandas de agua. En esta línea, respecto a las descargas domésticas, es importante considerar que los estándares de calidad del agua tratada dependen del uso destinado, en ese sentido no se necesitan altos estándares para fines ‘no potables’, por ello es plausible el reuso de aguas grises (duchas, baños, lavadoras, y lavavajillas) [87]. Actualmente existen un sinnúmero de tecnologías para el aprovechamiento de estos flujos residuales, ya sea por desvío directo sin tratamiento o bajo algún sistema de depuración [88], y entre los usos potenciales están las descargas de inodoro y la irrigación de jardines o campos deportivos, aunque esta última no sería plausible para el área de Tena dado que no se realiza o es mínimo, pero es una posibilidad en las ciudades con climas más áridos (*Anexo 6*).

Según los indicadores obtenidos en Tena, con los flujos de aguas residuales sería posible suplir entre un 59.8 y 68.8% la demanda de agua en la ciudad (*Anexo 6*). Pues como se describió en la sección anterior, las descargas domésticas representan el 93% de las descargas totales, siendo el 69% de estas aguas grises (2.17 Gigalitros), por lo que reemplazo potencial del agua importada sería de al menos un 44%. En ese sentido, sería recomendable abordar sistemas de reutilización de aguas grises como una estrategia para reducir el consumo de agua y generación de descargas residuales. De hecho, un estudio social realizado en 2016 determinó que sería plausible introducir métodos de reciclaje de

agua en Tena, siempre que el enfoque de diseño sea participativo [89].

Finalmente, respecto al último indicador de 'escorrentía superficial', similar a los flujos de agua lluvia, tiene el potencial de suplir toda el agua utilizada en la urbe (entre 371% y 425%), pero además de ser un recurso, el exceso de agua a su vez podría conllevar dificultades en Tena. Aunque en la ciudad el porcentaje de áreas pavimentadas es mínimo en comparación a los espacios abiertos con vegetación, 12% y 66%, respectivamente (*tabla 12*), el aumento de superficies impermeables puede ser un problema futuro para la infraestructura de drenaje existente [90]. Si bien las medidas del WSUD son diversas (sistemas de retención, infiltración, tratamiento, etc.) y se pueden aplicar a diferentes escalas, para lidiar con los volúmenes adicionales de escorrentía se deben tener en cuenta las necesidades y capacidades específicas del sitio [78,80]. En este trabajo no se proponen tecnologías específicas, no obstante, los volúmenes obtenidos pueden servir de base para explorar intervenciones de diseño sensible al agua.

4.8 Escenarios de uso de agua pluvial

Adicionalmente a los indicadores de desempeño, se evaluó el aprovechamiento del agua pluvial de acuerdo la demanda en la ciudad mediante dos escenarios (ver *tabla 17*). Como se describió en la *sección 3.8*, la 'línea base' representó la simulación realizada previamente en Aquacycle en la que los clústers 2, 3 y 5, recolectan y utilizan agua lluvia para fines domésticos de lavandería. Por su parte, los 'escenarios' simularon el cambio en la demanda de agua lluvia en el caso de que se emplee este recurso para descargas de retrete y lavandería, ya que ambos flujos representan el 55% del agua utilizada por los hogares en Tena (ver *tabla 11*).

Es importante resaltar el gran potencial que tiene la ciudad de Tena para implementar sistemas de recolección de agua lluvia (*rainwater harvesting*) debido a la disponibilidad del recurso, su alta calidad y la demanda creciente de agua [89]. De hecho, tanto en el muestreo realizado y en investigaciones previas, ya se ha registrado la presencia de sistemas sencillos de almacenamiento de agua lluvia, los cuáles son de gran utilidad en periodos de cortes o suspensión del servicio de agua municipal, ya sea por eventos fuertes de precipitación, averías o mantenimiento [30,35].

En general, el sistema empleado es la recolección directa de agua lluvia de los techos, dirigido mediante tuberías hacia sistemas de almacenamiento (tanques), por lo que normalmente el volumen acumulado depende del tamaño del área de captación [89]. En ese sentido, las superficies medidas anteriormente (*tabla 12*) sirvieron para obtener el suministro potencial de agua precipitada en el área de estudio (*tabla 17*). Aunque se tomó el supuesto de que toda el agua precipitada sería captada (área efectiva del 100%), en la línea base es evidente que la disponibilidad de agua lluvia en la cuenca (10.2 GL) es

suficiente para suplir la demanda urbana (0.71 GL) en los tres clústers delimitados, sin utilizar la capacidad total de almacenamiento de los sistemas existentes (4.07 GL). De manera similar, aunque los escenarios simularon un aumento en la demanda de agua para usos domésticos no potables (1.58 GL y 1.73 GL), los volúmenes potenciales de agua pluvial (10.2 GL y 10.9 GL) siguen siendo más que suficientes para cubrir el suministro en los hogares, sin necesidad de aumentar la capacidad de los dispositivos de almacenamiento (4.07 GL y 4.45 GL).

Estos resultados muestran una subutilización del recurso pluvial, lo cual se puede evidenciar también con los indicadores de desempeño recalculados para el caso de este flujo descentralizado (*tabla 18*). Tanto en la línea base como en los escenarios, el porcentaje de agua lluvia recolectada es menor al 3%, aun así, el porcentaje de reemplazabilidad del agua total importada en el área urbana aumentó entre un 32.1% y 35.1%. Estos resultados, aunque preliminares, aportan información relevante para considerar como una estrategia viable la implementación de sistemas de recolección de agua pluvial integrados a la infraestructura de provisión de agua potable municipal, contribuyendo así a la sostenibilidad del suministro de agua urbano [82].

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En este trabajo se logró implementar el modelo integrado de agua urbana Aquacycle con la base de datos hidrológicos generada para el año 2020 en la ciudad de Tena. Adicionalmente, con los flujos simulados se evaluaron posibles fuentes alternativas de agua mediante los indicadores volumétricos de desempeño metabólico. Las cuatro preguntas de investigación e hipótesis abordadas se describen a continuación:

¿Cuál es la disponibilidad y calidad de datos relevantes para estudios de modelación hídrica urbana en Tena?

Los flujos considerados para la modelación hídrica en el área urbana de Tena fueron: Precipitación (P), agua importada o centralizada (C), agua pluvial descentralizada (D), descargas residuales (W), escorrentía superficial (Rs), agua subterránea o infiltración (G), y evapotranspiración (ET). También se estimó la población (Po) y las superficies (A) de la cuenca de estudio. La evaluación de la calidad de estos datos se realizó con base a las fuentes de información disponibles, en general, existe un déficit de información debido a que las variables tuvieron clasificación Media, Baja y Nula. Pues, aunque se trabajó con bases de datos de la municipalidad de Tena, tanto los volúmenes de agua potable y residual tuvieron que rellenarse, y los shapefiles se corrigieron para representar adecuadamente las características de la cuenca. En ausencia del Censo poblacional de 2020, para la estimar el número de habitantes (40.000) se emplearon diferentes proyecciones poblacionales. Los demás datos faltantes tuvieron que medirse en campo, mediante pluviómetros totalizadores (precipitación) y encuestas sobre los patrones de uso de agua en los hogares (fuentes descentralizadas), aun considerando las limitaciones por la crisis sanitaria COVID-19.

¿Cuáles son los volúmenes de los diferentes flujos naturales y antropogénicos del balance de masas de agua en la ciudad de Tena?

Se generó el balance hídrico en Tena con la modelación realizada en Aquacycle, pero previo al análisis de resultados se evaluó la bondad de ajuste de los parámetros de calibración. En términos de cantidad, la función objetivo SIM/REC determinó un excelente desempeño para los tres flujos simulados: agua importada (0.92), descargas residuales (0.93) y escorrentía (1.10). El patrón temporal testeado con el índice Nash-Sutcliffe mostró resultados satisfactorios para la escorrentía (0.99) y el agua residual (0.6), pero insatisfactorios para el agua importada (0.4), lo cual, posiblemente es debido a que el algoritmo del modelo calcula este flujo como la suma del agua doméstica utilizada, las fugas e irrigación de espacios abiertos, pero este último es mínimo o no se registró en el muestreo realizado en Tena.

Los flujos de entrada en Tena, según el balance de masas generado, fueron de 67.3 GL, con los siguientes aportes: 91.6% de Precipitación, 7.3% de Agua importada y 1.1% de Agua lluvia descentralizada. Mientras que los volúmenes de salida totales fueron de 41.3 GL: el 50.5% corresponde a las Escorrentía superficial, 41.3% de Evapotranspiración y 8.18% de Descargas residuales. El cambio de almacenamiento (ΔS) resultó de 25.9 GL, lo cual se podía atribuir a la infiltración subterránea, pero no se consideró en este estudio por falta de estudios hidrogeológicos complementarios. Claramente los flujos de precipitación son los principales aportes en el área de estudio, lo cual es congruente considerando el alto régimen pluvial en la ciudad amazónica (>4000 mm/año).

¿Cuáles son las dinámicas de uso, disponibilidad y reutilización de flujos de agua dentro de la zona urbana de Tena?

El perfil de uso de agua generado en Tena muestra el consumo de agua diario en litros, clasificado según los diferentes usos domésticos (cocina, baño, retrete y lavandería). Para hogares unipersonales, el consumo de agua es similar a la dotación per cápita en Ecuador (250 L/día) pero mayor que en los casos de estudio comparados (Cambera, Alexandria, Zaragoza, Atenas y Curitiba). No obstante, la dotación estimada es diferente a los valores previamente reportados para Tena (320 L/hab/día). Esto puede deberse a que los informes municipales consideran los caudales totales de agua divididos para la población, lo cual no representa el consumo real. En ese sentido, aunque en efecto existe un consumo excesivo de agua en Tena, este no está del todo ligado al uso doméstico, de hecho, existe un gran desperdicio de agua en las redes de abastecimiento municipal. Ya sea por fallas de diseño, averías durante precipitaciones intensas o uso inadecuado por los usuarios, más del 60% del agua potable producida por la PTAP Colonso (≈ 7 GL/año) se pierde en las líneas de conducción y distribución.

Por otro lado, el modelo también permitió estimar las aguas residuales generadas por los hogares de Tena (3.15 GL), de las cuales el 69.7% corresponde a aguas grises (descargas de la cocina, lavandería y baño). Aunque en las encuestas realizadas no se registró ningún tipo de reutilización de agua, es recomendable abordar sistemas de reciclaje de aguas grises como una estrategia para reducir el consumo de agua y generación de descargas. Los resultados del modelo sugieren que se da tratamiento a solo el 11.5% del total de aguas residuales, pero se requieren más estudios debido a los aportes importantes del agua lluvia en el sistema de drenaje combinado. Y también es importante considerar el potencial de reutilización debido a las tecnologías de depuración existentes en la ciudad, dos plantas de tratamiento (biorreactores de membrana con 98% de eficiencia) que producen efluentes de alta calidad.

¿Cuál es el desempeño metabólico de los flujos de agua en términos de indicadores volumétricos en la cuenca urbana de Tena?

El indicador de densidad poblacional obtenido fue 2634 hab/km², no obstante, aunque Tena es la segunda parroquia urbana más poblada en la amazonía ecuatoriana, el valor reportado en 2010 fue mucho menor 376 hab/km². Cabe considerar las diferencias en superficie entre la parroquia Tena (79.5 km²) y la cuenca urbana de Tena (15.2 km²). Por otro lado, el indicador de intensidad de uso de agua resultó 0.37 GL/ km², un valor alto para una ciudad pequeña. Actualmente no se cuenta con el Censo poblacional del año de estudio, pero sería importante considerar en las proyecciones poblacionales el impacto que la Universidad Ikiam tendrá en el crecimiento demográfico, ya que está asociado con aumento en la demanda de agua.

Respecto a los indicadores de desempeño de suministro de agua, el 87.3% del agua utilizada en Tena está centralizada (importada desde la PTAP Colonso), un porcentaje menor en comparación a las ciudades australianas revisadas. Este nivel de descentralización se debe a los sistemas de recolección de agua lluvia existentes en la ciudad, que son de gran utilidad en periodos de suspensión o cortes del servicio de agua potable, y aunque tan solo se aprovecha el 1.16% de la precipitación disponible, el potencial de reemplazabilidad del agua centralizada es del 14.5%. En las encuestas se identificó que una diferencia importante entre los clústers delimitados (2, 3 y 5) es el aprovechamiento de agua lluvia para fines no domésticos, principalmente de lavandería. Por ello, los escenarios de agua pluvial simularon un aumento en la demanda de agua incluyendo usos para descargas de retrete. En todos los grupos se determinó que, aun utilizando menos del 3% de la precipitación disponible, se podrían suplir en su totalidad los volúmenes de agua (1.5 - 1.7 GL) necesarios para lavado de ropa y descargas de inodoro. Lo cual, a su vez, permitiría reemplazar entre un 32.1 y 35.1% del agua potable importada en los hogares, contribuyendo a la sostenibilidad del suministro urbano.

De manera similar a los flujos de precipitación, los indicadores calculados para la escorrentía superficial mostraron un gran potencial para suplir toda el agua utilizada en la urbe (>370%). No obstante, es importante recalcar que el exceso del recurso a su vez podría conllevar dificultades para el sistema de drenaje combinado existente, debido a la expansión urbana y de áreas impermeables. Aunque en Tena actualmente el porcentaje de espacios abiertos con cobertura vegetal es mayor a las áreas pavimentadas (66% y 12%, respectivamente), sería recomendable explorar alternativas del WSUD para lidiar con los volúmenes adicionales de escorrentía. Si bien este trabajo no propone tecnologías específicas, los resultados obtenidos pueden servir de base para intervenciones de diseño sensible al agua.

5.2 Recomendaciones

Para investigaciones futuras de hidrología urbana, sería recomendable mantener una red de monitoreo meteorológica continua que genere datos locales de precipitación diaria, complementarios a la estación Ikiam.

Respecto a la diversificación de alternativas al suministro de agua, y con la línea base generada, se deberían explorar opciones para la optimizar los sistemas de recolección de agua pluvial existentes y que puedan ser incorporados a las redes de agua doméstica, no sólo para fines no potables sino también de consumo mediante métodos sencillos de tratamiento de agua. Cabe recalcar que deben tomarse en cuenta tanto los aspectos técnicos como la perspectiva y aceptación social.

Así mismo, sería importante abordar estudios que consideren el potencial de las aguas grises cuantificadas como una estrategia de reciclaje para reducir la demanda de agua y también las presiones al sistema de depuración. En esta línea, se deberían realizar más análisis de los volúmenes de los efluentes tratados versus las descargas urbanas producidas para evaluar las redes de cobertura del alcantarillado sanitario, así como la eficiencia de tratamiento de las plantas. En este sentido, generar alianzas con la Universidad Ikiam podría impulsar investigaciones de este tipo.

En este trabajo se recopiló información respecto a los patrones de uso de agua en Tena, pero sería interesante explorar los posibles cambios en las dinámicas de consumo previo, durante y posterior a la crisis sanitaria COVID-19.

Para mejorar el análisis de clústers en Tena, la distribución espacial puntual de los micromedidores se debería añadir en el registro de los usuarios con acceso a agua municipal. Esto facilitaría la clasificación espacial de los hogares, de acuerdo con las tarifas del servicio de agua, ya sea: residencial, comercial, oficial o industrial.

Finalmente, la infiltración subterránea es una variable hidrológica importante que no se abordó a profundidad en este estudio debido a la escasez de información en la región. No obstante, se deberían abordar investigaciones hidrogeológicas respecto a la recarga y el aprovechamiento de los acuíferos en Tena.

REFERENCIAS

1. Naciones Unidas. Tasas de Crecimiento Poblacional, Informe de la ONU. United Nations Department of Public Information. 2019.
2. Banco Bilbao Vizcaya Argentaria. Urbanization in Latin America, BBVA Research. 2017.
3. Jaspers A, Pérez R, Acuña M, Bay G, Carrasco S, del Popolo F, et al. Población, territorio y desarrollo sostenible. Capítulo V: El poblamiento de las áreas de baja densidad demográfica en América Latina. Santiago de Chile: Naciones Unidas; 2012. pp. 77–86.
4. Global Water Partnership. Agua y urbanización. 2014. Obtenido desde: <https://www.gwp.org/es/DESAFIOS-CRITICOS/Agua-y-urbanizacion/>
5. Lekkas DF, Manoli E, Assimacopoulos D. INTEGRATED URBAN WATER MODELLING USING THE AQUACYCLE MODEL. *Global NEST Journal*. 2008;10: 310–319.
6. Mitchell VG, Mein RG, McMahon TA. Modelling the urban water cycle. *Environmental Modelling & Software*. 2001;16: 615–629. Available: [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.catchment.crc.org.au/)Internet:<http://www.catchment.crc.org.au/>
7. International Water Association. Los Principios de la IWA para las ciudades “water-wise”. IWA Network. 2017. pp. 2–6.
8. The UK Water Partnership. Future Visions for water and cities: a thought piece. Natural Environment Research Council, editor. 2015.
9. Brown R, Rogers B, Werbeloff L. Moving toward Water Sensitive Cities. A guidance manual for strategists and policy makers. Cities as Water Supply Catchments – Society and Institutions (Project A4.1). Melbourne Australia: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities; 2016. Obtenido desde: www.watersensitivecities.org.au
10. Mitchell G. Aquacycle User Guide. Monash University; 2005. pp. 1–43. Obtenido desde: www.toolkit.net.au/aquacycle
11. Silva Rodríguez de San Miguel JA. Diseño urbano sensible al agua. Retos y oportunidades. Diseño urbano sensible al agua Retos y oportunidades. 27 Dec 2019. doi:10.17993/ecoorgycso.2019.57
12. Alfonso Piña WH, Pardo Martínez CI. Urban material flow analysis: An approach for Bogotá, Colombia. *Ecological Indicators*. 2014;42: 32–42. doi:10.1016/j.ecolind.2013.10.035
13. Díaz C. Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. *INTERdisciplina*. 2014;2: 51–66.
14. Farooqui TA, Renouf MA, Kenway SJ. A metabolism perspective on alternative urban water servicing options using water mass balance. *Water Research*. 2016;106: 415–428. doi:10.1016/j.watres.2016.10.014
15. Renouf M, Sochacka B, Kenway S, Lam KL, Serrao-Neumann S, Morgan E, et al. Urban metabolism for planning water sensitive city-regions. Proof of concept for an urban water metabolism evaluation framework. B1.2 Milestone Report. Melbourne Australia; 2017. Obtenido desde: www.watersensitivecities.org.au
16. Kenway S, Gregory A, McMahon J. Urban water mass balance analysis. *Journal of Industrial Ecology*. 2011;15: 693–706. doi:10.1111/j.1530-9290.2011.00357.x
17. Paul R, Kenway S, McIntosh B, Mukheibir P. Urban Metabolism of Bangalore City: A Water Mass Balance Analysis. *Journal of Industrial Ecology*. 2018;22: 1413–1424. doi:10.1111/jiec.12705
18. Paolini F, Cecere C. Improvement of urban water metabolism at the district level for a Mediterranean compact city. 2015. Obtenido desde: <https://www.researchgate.net/publication/283581304>
19. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. REVIEW OF WORLD WATER RESOURCES BY COUNTRY. Rome; 2003.
20. Yáñez-Yáñez A, Villacís-Aldaz L. El agua en América Latina. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 2016;4: 46–47.
21. Changjiang Institute of Survey Planning Design and Research. Plan Nacional de la Gestión

- Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las cuencas y microcuencas hidrográficas de Ecuador. 2016.
22. Torske M. La realidad de las aguas servidas en Ecuador. Yakunina. 2019. Obtenido desde: <http://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/>
 23. Chamorro C, Heredia E, Pazmiño D. Análisis de Contexto para la Gestión Integrada del Agua en Ecuador. 2010.
 24. Massón A. Ecuador, el país de mayor consumo de agua en la Región. Diario Regional Los Andes. 1 Apr 2018.
 25. Boojh R, Gueidon S. Saving water for a sustainable future. 2017. Obtenido desde: <https://www.researchgate.net/publication/317013835>
 26. Echavarría M, Vogel J, Albán M, Meneses F. The impacts of payments for watershed services in Ecuador Emerging lessons from Pimampiro and Cuenca. 2005. Obtenido desde: www.iied.org/eep
 27. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 2010. Proyecciones referenciales de población a nivel Cantonal-Parroquial, periodo 2010-2020. 2010.
 28. United Nations Human Settlements Programme. The State of Latin American and Caribbean Cities. Towards a new urban transition. 2012. Obtenido desde: https://issuu.com/unhabitat/docs/state_of_latin_american_and_caribbean_cities/148
 29. GAD Municipal de Tena. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2014-2019. 2015.
 30. Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador. Proyecciones Referenciales de Población A Nivel Cantonal-Parroquial, Período 2010 – 2020. 2010.
 31. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial U y G de S. Artículo 11. Título II - Ordenamiento Territorial. Quito: Oficio No. SAN-2016-1196 del 30 de junio de 2016. Obtenido desde: www.fielweb.com
 32. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Diagnóstico de las Estadísticas del Agua en Ecuador. 2012.
 33. Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador. Consumo de agua potable provincial y nacional. Información Ambiental en Hogares. 2012.
 34. Davis MJM, Gutiérrez ML, Serrano J. Know Your People: Social Research and Water Recycling System Design with Communities in the Amazon. *Procedia Engineering*. Elsevier Ltd; 2016. pp. 1258–1266. doi:10.1016/j.proeng.2016.04.162
 35. Delgado Karen, Riofrio Heidy. Propuesta de tratamiento para los lodos generados en la PTAR Tereré de la ciudad Tena mediante la caracterización físico-química y microbiológica de los mismos. 2019.
 36. Salazar T, Falconí A. ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN THE PARISH OF TENA OF THE PROVINCE OF NAPO IN ORDER TO PROPOSE STRATEGIES TO REDUCE NEGATIVE IMPACTS TO THE ENVIRONMENT. 2020.
 37. Martínez Y, Villalejo v. The integrated water resources management: a nowadays need. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 2018;XXXIX: 58–72.
 38. Ashley R, Lundy L, Ward S, Shaffer P, Walker L, Morgan C, et al. Water-sensitive urban design: Opportunities for the UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*. 2013;166: 65–76. doi:10.1680/muen.12.00046
 39. Armitage N, Fisher-Jeffes L, Carden K, Winter K, Naidoo V, Spiegel A, et al. Water Sensitive Urban Design (WSUD) for South Africa: Framework and Guidelines. 2014. doi:10.13140/2.1.3042.5922
 40. Singh G, Kandasamy J. Evaluating performance and effectiveness of water sensitive urban design. *Desalination and Water Treatment*. 2009;11: 144–148. doi:10.5004/dwt.2009.853
 41. Water Sensitive S.A. A guide for water sensitive urban design Stormwater management for small-scale development. 2020. Obtenido desde: www.watersensitivesa.com
 42. Naciones Unidas. Progreso sobre gestión integrada de recursos hídricos. Referencia global

- para el indicador ODS 6 6.5.1: Grado de aplicación de la ordenación integrada de los recursos hídricos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; 2018.
43. Naciones Unidas. Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. 2015 [cited 2 Dec 2021]. Obtenido desde: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
 44. United Nations. Challenges and Strategies for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean. Sustainable Development Group of the United Nations. 2018; 5–10.
 45. Constitución de la República del Ecuador. Artículo 318. Título I - Elementos Constitutivos del Estado. Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008.
 46. Ley Orgánica de Recursos Hídricos U y A del A. Artículo 3. Título I - Disposiciones Preliminares. Registro Oficial Suplemento 305 del 06 agosto de 2014; Obtenido desde: www.lexis.com.ec
 47. Nemati M. COVID-19 and Urban Water Consumption. University of California, Giannini Foundation of Agricultural Economics. 2020: 9–11.
 48. el Universo. Consumo de agua potable aumenta en Ecuador debido al aislamiento obligatorio. Diario El Universo. 5 de abril 2020. Obtenido desde: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/05/nota/7804908/consumo-agua-potable-aumenta-debido-aislamiento-obligatorio/>. Accessed 2 Dec 2021.
 49. Beck HE, Zimmermann NE, McVicar TR, Vergopolan N, Berg A, Wood EF. Present and future köppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*. 2018;5. doi:10.1038/sdata.2018.214
 50. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. ANUARIOS METEOROLÓGICOS 2008-2013. 2020. Obtenido desde: <https://brenp.com/inamhi-anuarios-metereologicos-en-pdf/>
 51. Tatum L. Evaluating the impact of Water Sensitive Urban Design (WSUD) strategies in the London Green Belt. 2017.
 52. Melbourne Water. Introduction to WSUD. 2017 [cited 3 Dec 2021]. Obtenido desde: <https://www.melbournewater.com.au/building-and-works/stormwater-management/introduction-wsud>
 53. Donia N, Manoli E, Assimacopoulos D. Modelling the urban water system of Alexandria using the aquacycle model. *Journal of Water Reuse and Desalination*. 2013;3: 69–84. doi:10.2166/wrd.2013.013
 54. Gutiérrez C. Implicaciones del COVID-19 en las prácticas de consumo de agua potable en la Ciudad de Tena. Proyecto de investigación en ejecución; 2021. Obtenido desde: <https://www.ikiam.edu.ec/proyectosInvestigacion.html>
 55. Spiguel M, Stephens L. Estadística. 4ta ed. Castillo R, editor. México: Mc Graw Hill; 2009.
 56. Otzen T, Manterola C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study. *Int J Morphol*. 2017.
 57. Organización Meteorológica Mundial. Guía de prácticas climatológicas. Capítulo 2: Observaciones, estaciones y redes climáticas. 2011. pp. 2–13.
 58. Organización Meteorológica Mundial. CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE LAS PRECIPITACIONES. 5ta ed. GUÍA DE PRÁCTICAS HIDROLÓGICAS. 5ta ed. 1994. pp. 95–99.
 59. Global Network of Isotopes in Precipitation. Guía para el muestreo de la precipitación OIEA/GNIP. 2014. Obtenido desde: <http://www.iaea.org/water>.
 60. Gobierno Autónomo Descentralizado de Tena. Ordenanza del Servicio de Agua Potable en el cantón Tena. Capítulo V: Pliego Tarifario. Registro Oficial 152. 2010. pp. 38–39.
 61. Agricultural and Meteorological Software. Nash Sutcliffe model Efficiency coefficient. In: AgriMetSoft Online Calculators [Internet]. 2019; Obtenido desde: <https://agrimetsoft.com/calculators/Nash%20Sutcliffe%20model%20Efficiency%20coefficient>
 62. Galvão P, Hirata R, Conicelli B. Estimating groundwater recharge using GIS-based distributed water balance model in an environmental protection area in the city of Sete Lagoas (MG),

- Brazil. *Environmental Earth Sciences*. 2018;77. doi:10.1007/s12665-018-7579-z
63. Ruíz C. ESCENARIOS TERRITORIALES DEL CANTÓN TENA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LA DIMENSIÓN TERRITORIAL USO SUSTENTABLE DEL ESPACIO. 2013.
 64. Vinicio Carrera-Villacrés D, Valeria Guevara-García P, Carolina Tamayo-Bacacela L, Lucía Balarezo-Aguilar A, Alfonso Narváez-Rivera C, Rosa Morocho-López D. Filling series annual meteorological data by statistical methods in the coastal zone from Ecuador and Andes, and calculation of rainfall. 2016;34: 82–84.
 65. Arellano A, Bayas A, Meneses A, Castillo T. Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150000 habitantes. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*. 2018;1: 23–32. doi:10.37135/unach.ns.001.01.03
 66. Secretaría del Agua. *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. 1992. doi:10.07
 67. DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO. Informe de las lecturas de los macro medidores de los años 2017-2020. Tena; 2020.
 68. Olukanni D, Adebayo R, Tenebe I. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Assessment of Urban Drainage and Sanitation Challenges in Nigeria*. Certified Journal. 2008. Obtenido desde: www.ijetae.com
 69. San Miguel M. Simulation of the Total Urban Water Cycle in a neighbourhood of a Spanish neighbourhood and establishment of Urban Water Sustainable Indicators. 2007.
 70. Armitage N, Fisher-Jeffes L, Carden K, Winter K, Naidoo V, Spiegel A, et al. Water Sensitive Urban Design (WSUD) for South Africa: Framework and Guidelines (WRC Report No. TT 588/14). 2014.
 71. Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment. Runoff Coefficient (C) Fact Sheet. 2011. Obtenido desde: <http://water.me.vccs.edu/courses/CIV246/table2b.htm>
 72. Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. *Hidrología aplicada*. In: Suárez M, editor. *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw Hill; 1994. pp. 506–512.
 73. Mahmoud SH, Alazba AA. Hydrological response to land cover changes and human activities in arid regions using a geographic information system and remote sensing. *PLoS ONE*. 2015;10. doi:10.1371/journal.pone.0125805
 74. Guimberteau M, Ronchail J, Espinoza JC, Lengaigne M, Sultan B, Polcher J, et al. Future changes in precipitation and impacts on extreme streamflow over Amazonian sub-basins. *Environmental Research Letters*. 2013;8. doi:10.1088/1748-9326/8/1/014035
 75. Lufi S, Ery S, Rispiningtati R. Hydrological Analysis of TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Data in Lesti Sub Watershed. *Civil and Environmental Science*. 2020;003: 20–21. doi:10.21776/ub.civense.2020.00301.3
 76. Saghi H, Abbas AA. Effective Factors in Causing Leakage in Water Supply Systems and Urban Water Distribution Networks. *American Journal of Civil Engineering*. 2015;3: 60. doi:10.11648/j.ajce.s.2015030202.22
 77. Fuentes-Mariles O, Palma-Nava A, Rodríguez-Vázquez K. Estimation and Location of Leaks in a Pipe Water Network Using Genetic Algorithms. *Ingeniería Investigación y Tecnología*. 2011;XII: 235–242.
 78. United Nations. *Water Quality and Wastewater*. In: UN WATER [Internet]. 2015 [cited 3 Dec 2021]. Available: <https://www.unwater.org/water-facts/quality-and-wastewater/>
 79. Yihdego Y, Khalil A. Groundwater resources assessment and impact analysis using a conceptual water balance model and time series data analysis: Case of decision-making tool. *Hydrology*. 2017;4. doi:10.3390/hydrology4020025
 80. Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador. *Población, Superficie (Km2), Densidad Poblacional a Nivel Parroquial*. 2010.
 81. GAD Parroquial de Muyuna. *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL*

- GAD PARROQUIAL DE MUYUNA. ADMINISTRACIÓN 2014-2019. 2015.
82. Alarcón I. En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región. INEC y SENAGUA. 2018. Obtenido desde: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html#>.
 83. Cabrera H, Garcés M, Paredes P. Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador. Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura. Quito; 2012.
 84. ETAPA. Planta de tratamiento de aguas residuales Ucubamba. 2020. Obtenido desde: <https://www.etapa.net.ec/informacion/saneamiento/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ucubamba>
 85. Viteri J. Diseño de una celda diaria de confinamiento de residuos sólidos para el actual relleno sanitario del Tena. 2016.
 86. International Trade Administration. Water and Wastewater Treatment. Australia Country Commercial Guide. 2020; Obtenido desde: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/australia-water-and-wastewater-treatment>
 87. Jamrah A, Al-Futaisi A, Prathapar S, Harrasi A al. Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2008;137: 315–327. doi:10.1007/s10661-007-9767-2
 88. Ambrose M, Kenway S, Diaper C, Tjandraatmadja G, Delsante A, Miller A, et al. Sustainable Subdivisions - Review of Technologies for Integrated Water Services. 2007. Obtenido desde: <http://eprints.qut.edu.au/27029>
 89. Che-Ani AI, Sairi A, Zain M, Tahir M. Rainwater Harvesting as an Alternative Water Supply in the Future. *European Journal of Scientific Research*. 2009;34: 132–140. Obtenido desde: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>
 90. Sullivan O'. Designing and Implementing Green Roofs for WSUD in Australasia. 2013.
 91. Wilse J, Santos I. Urban configuration and water balance with aquacycle model in the Belém catchment, southern Brazil. *Caminhos de Geografia*. 2021;22: 149–160. doi:10.14393/rcg227953860
 92. Pucha F. División política administrativa del Ecuador (shapefiles). 2012; Obtenido desde: <https://franzpc.com/descargar-shapefiles-shp-ecuador/>
 93. Porto C. Cartografía digital: Países de América (shapefiles). In: EfrainMaps. 2020; Obtenido desde: <https://www.efrainmaps.es/descargas-gratuitas/am%C3%A9rica/>
 94. Mayorga E, Logsdon M, Ballester R, Richey J. Amazon River Basin, Land and Stream Drainage (shapefiles). 2012; Obtenido desde: https://daac.ornl.gov/LBA/guides/CD06_CAMREX.html

ANEXOS

Anexo 1. Densidad poblacional de las provincias amazónicas del Ecuador para el año 2010.

		Morona Santiago	Napo	Pastaza	Zamora Chinchipe	Sucumbíos	Orellana
POBLACIÓN	Po	147940	103697	83933	91376	176472	136396
SUPERFICIE	Km ²	24059.4	12542.5	29641.37	10584.28	18084.42	21692.1
DENSIDAD POBLACIONAL	Po/Km ²	6.15	8.27	2.83	8.63	9.76	6.29

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010) [31,80]

Anexo 2. Top 10 de densidad poblacional en las parroquias amazónicas del Ecuador para el año 2010.

PROVINCIA	Pastaza	Napo	Morona Santiago	Orellana	Pastaza	Sucumbíos	Orellana	Napo	Sucumbíos	Sucumbíos
PARROQUIA	Puyo	Tena	Macas	Puerto francisco de Orellana	Shell	Nueva Loja	La joya de los sachas	El chaco	Shushufindi	San Pedro de los Cofanes
DENSIDAD POBLACIONAL	418.15	376.90	359.57	308.79	256.43	151.99	91.30	68.16	58.30	50.12

Nota: Los datos poblacionales y de superficie para la para la parroquia Tena fueron corregidos con la información del PDyOT 2015 de Muyuna, puesto que en la base de datos del INEC se agrupaban la parroquia de Muyuna y Tena. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010) [31,34]

Anexo 3. Consumo de agua en litros por habitante al día a nivel provincial, Ecuador.

Azuay	Bolívar	Cañar	Carchi	Chimborazo	Cotopaxi	El Oro	Esmeraldas	Guayas	Imbabura	Loja
220	195	259	270	199	268	250	222	241	308	183
Los Ríos	Manabí	Morona Santiago	Napo	Orellana	Pastaza	Pichincha	Santa Elena	Sucumbíos	Tungurahua	Zamora Chinchipe
325	139	227	323	258	229	295	195	247	311	305

Fuentes: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [34], Secretaría Nacional del Agua [25]

Anexo 4. Datos del consumo de agua per cápita y otras características en Tena y casos de estudio que emplearon el modelo Aquacycle.

Sitios de estudio	Área (km ²)	Población ('000)	Consumo de agua (L/hab/día)	Precipitación (mm/año)
Camberra, Australia ^a	30	34	200	630
Alexandria, Egipto ^b	109	4800	230	200
Zaragoza, España ^c	9,6	51	200	367
Atenas, Grecia ^d	400	3894	220	300
Curitiba, Brasil ^e	42,6	2000	200	1450
Tena, Ecuador ^f	15.2	40	250-300	4000

Fuentes: ^a Michell [6], ^b Donia [54], ^c San Miguel [69], ^d Lekkas [5], ^e Wilse [91], ^f INAMHI [51]

Anexo 5. Valores del coeficiente de escorrentía (C) de los tres criterios utilizados para la estimación en Tena.

Uso de suelo	C	Tipo de suelo	C	Pendiente	C
Residencial - Suburbano	0.2 - 0.5	Arcilloso - Arenoso	0.1 - 0.4	Slope 2-7 %	0.2 - 0.3

Fuentes: American Society of Civil Engineers (1997) [63], The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment (2011) [71], Hidrología Aplicada (1994) [72].

Anexo 6. Indicadores de desempeño hídrico extraídos de cinco casos de estudio y resultados de la ciudad de Tena.

				Precipitación			Aguas residuales		Escorrentía superficial	
	Densidad poblacional (Po/km ²)	Intensidad de uso agua (GL/km ²)	Centralización de suministro (%)	Agua lluvia colectada (%)	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Reemplazabilidad de uso total (%)	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Reemplazabilidad de uso total (%)	Reemplazabilidad de suministro centralizado (%)	Reemplazabilidad de uso total (%)
	(Po/A)	(C+D)/A	C/(C+D)	(D/P)	(P/C)	P/(C+D)	(W/C)	W/(C+D)	(Rs/C)	Rs/(C+D)
Sídney ^a	2977	0.37	100	0.12	257	256	86	86	76	76
Melbourne ^a	1971	0.24	98	0.54	322	316	80	79	70	68
Queensland ^a	2082	0.38	100	0.1	273	272	48	48	104	104
Perth ^a	1237	0.35	54	22	397	265	49	26	87	75
Bangalore ^b	11875	0.84	52	0.01	22	8	107	55	12	6
Tena ^c	2634.9	0.37	87.3	1.16	1254.5	1095.4	68.5	59.8	425.0	371.1

Fuentes: ^a Kenway [16], ^b Reba [17], Obtenidos de la modelación en este estudio ^c

Anexo 7. Características adicionales de los casos de estudio que emplearon el balance de masas de agua e indicadores de desempeño.

Sitios de estudio	Área (km ²)	Población ('000)	Precipitación (mm/año)
Sídney, Australia ^a	1420	4228	952.1
Melbourne, Australia ^a	1818	3583	762.9
Queensland, Australia ^a	1281	2667	1021.9
Perth, Australia ^a	1200	1484	755.8
Bangalore, India ^b	800	9500	97.5
Tena, Ecuador ^c	15,2	40	4064.5

Fuentes: ^a Kenway [16], ^b Reba [17], ^c Mediciones propias.

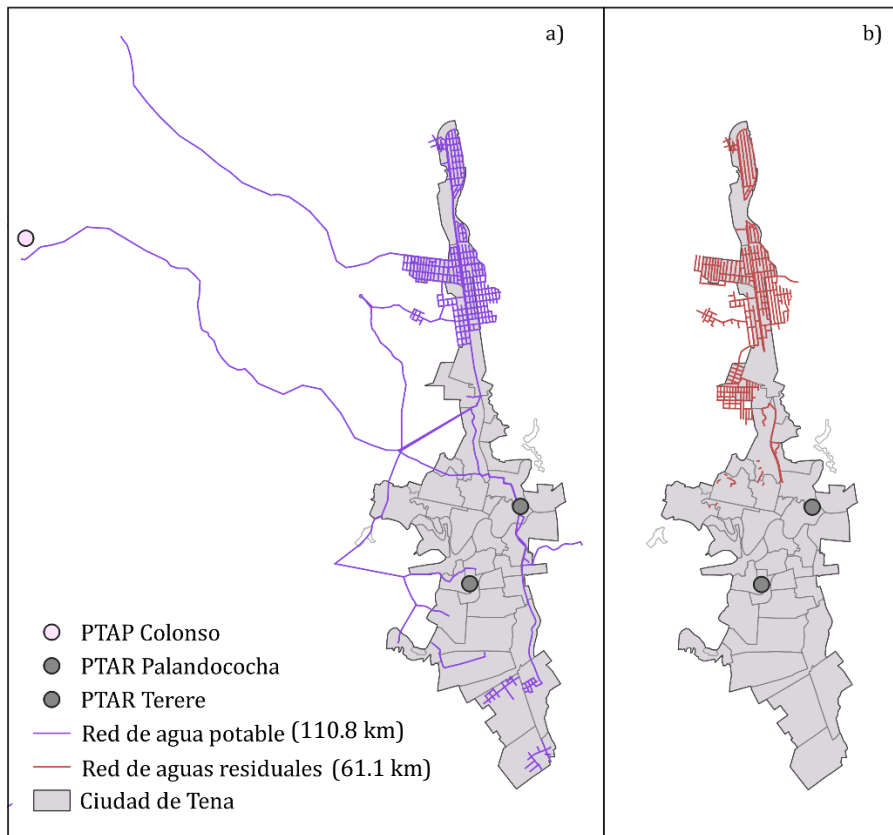


Figura 18. Esquema de las redes de distribución de agua potable (a) y aguas residuales (b) en la ciudad de Tena. Elaboración propia. Shapefiles obtenidos del GAD de Tena.

6075,100437408,Res,Gil Ramirez
6136,100437723,Res,Gil Ramirez
6241,100437402,Res,Gil Ramirez
6278,100438698,Res,Gil Ramirez
6278,100438691,Res,Gil Ramirez
6278,100435939,Res,Gil Ramirez
6390,100438504,Res,Gil Ramirez
6397,1005012997,Res,Gil Ramirez
6410,1408004689,Res,Gil Ramirez
6480,18000200,Res,Gil Ramirez
6541,910038475,Res,Gil Ramirez
6601,1408004700,Res,Gil Ramirez
6601,100437405,Res,Gil Ramirez
7111,910038477,Res,Gil Ramirez
7111,910036324,Res,Gil Ramirez
7111,805036293,Res,Gil Ramirez
7524,100439140,Res,Gil Ramirez
7526,1408005694,Res,Gil Ramirez
7593,100436873,Res,Gil Ramirez
7593,911030696,Res,Gil Ramirez
7633,1101004658,Res,Gil Ramirez
7716,100439723,Res,Gil Ramirez
7743,1101003573,Res,Gil Ramirez
7995,1101000711,Res,Gil Ramirez
7995,1101004693,Res,Gil Ramirez
7999,1408004534,Res,Gil Ramirez
8115,100436473,Res,Gil Ramirez
8150,100435713,Res,Gil Ramirez
8588,100439727,Res,Gil Ramirez
11530,100438844,Res,Gil Ramirez
15332,100437660,Res,Gil Ramirez
17112,100439133,Res,Gil Ramirez
17860,1005013970,Res,Gil Ramirez
18200,1011035155,Res,Gil Ramirez
19808,100440028,Res,Gil Ramirez
19808,1408000412,Res,Gil Ramirez
20386,1101004800,Res,Gil Ramirez
20640,1101002879,Res,Gil Ramirez
20652,910035314,Res,Gil Ramirez
20665,100437734,Res,Gil Ramirez
20711,1101003575,Res,Gil Ramirez
20837,100435557,Res,Gil Ramirez
21954,100439810,Res,Gil Ramirez
22485,100439807,Res,Gil Ramirez
23470,100437831,Res,Gil Ramirez
23557,211017027,Res,Gil Ramirez
27341,1408004232,Res,Gil Ramirez
29765,911030433,Res,Gil Ramirez
30407,1101004799,Res,Gil Ramirez
33595,1408006174,Res,Gil Ramirez
34426,1005012660,Res,Gil Ramirez
35082,1011038358,Res,Gil Ramirez
35414,1408004433,Res,Gil Ramirez
35414,1408004434,Res,Gil Ramirez
36029,100439036,Res,Gil Ramirez
41142,100437403,Res,Gil Ramirez
43002,100438709,Res,Gil Ramirez
43830,1101004691,Res,Gil Ramirez
43830,1408005138,Res,Gil Ramirez
47810,1011036568,Res,Gil Ramirez
12,100439131,Com,Gil Ramirez
36,910035315,Com,Gil Ramirez
54,1007016842,Com,Gil Ramirez
125,1007016791,Com,Gil Ramirez
125,100439654,Com,Gil Ramirez
197,100439745,Com,Gil Ramirez
234,100440016,Com,Gil Ramirez
341,505036605,Com,Gil Ramirez
341,910036321,Com,Gil Ramirez
360,805036300,Com,Gil Ramirez
360,805036298,Com,Gil Ramirez
383,910038479,Com,Gil Ramirez
387,910036803,Com,Gil Ramirez
416,910036329,Com,Gil Ramirez
416,805036607,Com,Gil Ramirez
416,100440019,Com,Gil Ramirez
426,1104021243,Com,Gil Ramirez
426,1104021242,Com,Gil Ramirez
442,1007016612,Com,Gil Ramirez
471,605016841,Com,Gil Ramirez
471,605016842,Com,Gil Ramirez
475,910036804,Com,Gil Ramirez
611,805036296,Com,Gil Ramirez
611,910051313,Com,Gil Ramirez
660,100436259,Com,Gil Ramirez
702,1007016966,Com,Gil Ramirez
703,1007016611,Com,Gil Ramirez
708,910035351,Com,Gil Ramirez
724,100439753,Com,Gil Ramirez
1008,100439134,Com,Gil Ramirez
1061,910035354,Com,Gil Ramirez
1064,100440017,Com,Gil Ramirez
1069,1005012356,Com,Gil Ramirez
1157,1007016794,Com,Gil Ramirez
1168,1005011504,Com,Gil Ramirez
1322,910035316,Com,Gil Ramirez
1346,100439530,Com,Gil Ramirez
1553,1005012161,Com,Gil Ramirez
1578,910038480,Com,Gil Ramirez
1620,100438387,Com,Gil Ramirez
1781,100438386,Com,Gil Ramirez
1787,1005013580,Com,Gil Ramirez
1833,100436182,Com,Gil Ramirez
1934,100440011,Com,Gil Ramirez
1985,100435298,Com,Gil Ramirez
1985,705030615,Com,Gil Ramirez
2015,100435755,Com,Gil Ramirez
2015,1007016684,Com,Gil Ramirez
2018,1408006723,Com,Gil Ramirez
2081,100435300,Com,Gil Ramirez
2201,910035356,Com,Gil Ramirez
2240,100437410,Com,Gil Ramirez
2350,100439038,Com,Gil Ramirez
2371,1007017000,Com,Gil Ramirez

2412,901005137,Com,Gil Ramirez
2553,1008018988,Com,Gil Ramirez
2572,1005012360,Com,Gil Ramirez
2573,100439802,Com,Gil Ramirez
2672,605016852,Com,Gil Ramirez
2672,1007016925,Com,Gil Ramirez
2673,1007016950,Com,Gil Ramirez
2785,100438389,Com,Gil Ramirez
2805,901005133,Com,Gil Ramirez
2899,1007026695,Com,Gil Ramirez
2981,1007016946,Com,Gil Ramirez
2985,100437721,Com,Gil Ramirez
3294,605016787,Com,Gil Ramirez
3461,910036809,Com,Gil Ramirez
3482,1007016824,Com,Gil Ramirez
3609,100436872,Com,Gil Ramirez
3756,705030585,Com,Gil Ramirez
4619,910036802,Com,Gil Ramirez
4860,910038473,Com,Gil Ramirez
4860,901005139,Com,Gil Ramirez
5093,910036807,Com,Gil Ramirez
5095,100439940,Com,Gil Ramirez
5099,1007016891,Com,Gil Ramirez
5099,100436252,Com,Gil Ramirez
5105,100435189,Com,Gil Ramirez
5108,910035355,Com,Gil Ramirez
5136,1005013572,Com,Gil Ramirez
5148,100436032,Com,Gil Ramirez
5169,100439744,Com,Gil Ramirez
5174,910035358,Com,Gil Ramirez
5175,100437833,Com,Gil Ramirez
5176,100435709,Com,Gil Ramirez
5181,805036291,Com,Gil Ramirez
5181,910036801,Com,Gil Ramirez
5192,910035319,Com,Gil Ramirez
5417,1007016792,Com,Gil Ramirez
5417,910036806,Com,Gil Ramirez
5422,1007016656,Com,Gil Ramirez
5442,1005011117,Com,Gil Ramirez
5450,805036444,Com,Gil Ramirez
5450,805036443,Com,Gil Ramirez
5450,805036441,Com,Gil Ramirez
5662,805036445,Com,Gil Ramirez
6016,911005136,Com,Gil Ramirez
6022,1101000384,Com,Gil Ramirez
6022,1104021603,Com,Gil Ramirez
6075,100438138,Com,Gil Ramirez
6075,1007016947,Com,Gil Ramirez
6110,910035320,Com,Gil Ramirez
6125,100435294,Com,Gil Ramirez
6136,100435670,Com,Gil Ramirez
6257,1007016921,Com,Gil Ramirez
6257,805036292,Com,Gil Ramirez
6278,1007016998,Com,Gil Ramirez
6318,1007018733,Com,Gil Ramirez
6318,1007016843,Com,Gil Ramirez
6397,705030495,Com,Gil Ramirez
6446,910035357,Com,Gil Ramirez
6486,1408006810,Com,Gil Ramirez
6601,911030688,Com,Gil Ramirez
6624,910038476,Com,Gil Ramirez
7111,910036327,Com,Gil Ramirez
7583,805036295,Com,Gil Ramirez
7809,901005135,Com,Gil Ramirez
8115,1408006596,Com,Gil Ramirez
8150,100435347,Com,Gil Ramirez
8506,1005012994,Com,Gil Ramirez
8624,1005013529,Com,Gil Ramirez
14898,1005013526,Com,Gil Ramirez
17860,1007016823,Com,Gil Ramirez
19592,805036604,Com,Gil Ramirez
19592,910036325,Com,Gil Ramirez
19797,1005012359,Com,Gil Ramirez
19836,100439015,Com,Gil Ramirez
20650,100439354,Com,Gil Ramirez
20652,910035318,Com,Gil Ramirez
20757,910035353,Com,Gil Ramirez
20757,805036297,Com,Gil Ramirez
20814,100438772,Com,Gil Ramirez
20887,1007016970,Com,Gil Ramirez
20944,910035352,Com,Gil Ramirez
29757,805036449,Com,Gil Ramirez
29757,100437728,Com,Gil Ramirez
29964,1007016790,Com,Gil Ramirez
29964,1005012358,Com,Gil Ramirez
34769,910036328,Com,Gil Ramirez
34769,910036323,Com,Gil Ramirez
40094,18004685,Com,Gil Ramirez
40094,910035311,Com,Gil Ramirez
43410,910036810,Com,Gil Ramirez
50893,50893,Com,Gil Ramirez
51922,910038474,Com,Gil Ramirez
3015,805036299,Ind,Gil Ramirez
8247,100439010,Ind,Gil Ramirez
8278,100439138,Ind,Gil Ramirez
29757,805036444,Ind,Gil Ramirez
7526,805036444,Ofi,Gil Ramirez
2211,1005013521,Res,Gil Ramirez
2430,584099,Res,Gil Ramirez
6241,1104021474,Com,Gil Ramirez
19808,1005012888,Res,Gil Ramirez
19808,584754,Res,Gil Ramirez
47810,1104021480,Com,Gil Ramirez
1578,910038472,Res,Gil Ramirez
1574,901005143,Com,Gil Ramirez
1574,901005131,Com,Gil Ramirez
5662,901005256,Com,Gil Ramirez
51922,901005134,Com,Gil Ramirez
5618,803021744,Ind,Gil Ramirez
1448,100435710,Res,Hiervitas

26043,911031812,Res,Hiervitas
17815,100438139,Res,Hiervitas
4537,1011034907,Res,Hiervitas

24622,100435642,Res,Hiervitas
6147,584710,Com,Hiervitas
20747,100435293,Res,Hiervitas
20732,100435900,Res,Hiervitas
20738,88000016,Res,Hiervitas
20802,100435529,Res,Hiervitas
2426,100435527,Res,Hiervitas
20856,100435895,Res,Hiervitas
12458,1408006731,Res,Hiervitas
2172,100439273,Res,Hiervitas
4820,100435292,Res,Hiervitas
20742,100438648,Res,Hiervitas
20742,1011036346,Res,Hiervitas
1906,1408006729,Res,Hiervitas
3938,911030564,Res,Hiervitas
9508,100439002,Res,Hiervitas
4711,1011034905,Res,Hiervitas
20728,100439763,Res,Hiervitas
5551,100437025,Res,Hiervitas
3133,100440010,Res,Hiervitas
4004,100438647,Res,Hiervitas
889,Res,Hiervitas
4000,1408005195,Res,Hiervitas
4814,911030434,Res,Hiervitas
8263,100437788,Res,Hiervitas
31251,1408006629,Res,Hiervitas
4452,100439768,Res,Hiervitas
3265,100438806,Res,Hiervitas
3862,100439276,Res,Hiervitas
30452,100437832,Res,Hiervitas
1754,911030568,Res,Hiervitas
3260,1408004071,Res,Hiervitas
30451,1011035346,Res,Hiervitas
1210,911030445,Res,Hiervitas
35818,1011035958,Res,Hiervitas
4553,911030567,Res,Hiervitas
1296,1007016658,Com,Hiervitas
1897,1011036353,Res,Hiervitas
6258,100437775,Res,Hiervitas
2593,100440008,Res,Hiervitas
2051,80666135,Com,Hiervitas
2051,1011037992,Res,Hiervitas
14682,100438650,Res,Hiervitas
2047,100435647,Res,Hiervitas
12481,100439069,Res,Hiervitas
3338,1408005131,Res,Hiervitas
2490,100769365,Res,Hiervitas
3178,911030440,Res,Hiervitas
4673,1011035601,Res,Hiervitas
11889,1011036578,Res,Hiervitas
10999,907579,Res,Hiervitas
14002,1008018985,Res,Hiervitas
2439,1008017489,Res,Hiervitas
2439,1408006726,Res,Hiervitas
20639,1408005700,Res,Hiervitas
1929,1101004656,Res,Hiervitas
304,1101004698,Res,Hiervitas
4833,911031816,Res,Hiervitas
27636,1408004015,Res,Hiervitas
1849,584716,Res,Hiervitas
46802,1408005386,Res,Hiervitas
46802,584785,Res,Hiervitas
43907,18000231,Res,Hiervitas
125,15004472,Res,Huertos Familiares
2638,1408004939,Res,Huertos Familiares
3421,20156518390,Res,Huertos Familiares
3700,1408006761,Res,Huertos Familiares
5163,1408004061,Res,Huertos Familiares
5246,583963,Res,Huertos Familiares
5355,1011035611,Res,Huertos Familiares
5966,1408004937,Res,Huertos Familiares
8350,911031778,Res,Huertos Familiares
14202,1408004091,Res,Huertos Familiares
23888,1408006394,Res,Huertos Familiares
26794,1408005083,Res,Huertos Familiares
28510,1408005105,Res,Huertos Familiares
31145,1408006969,Res,Huertos Familiares
32729,1408004413,Res,Huertos Familiares
41715,1408004644,Res,Huertos Familiares
42050,1408005697,Res,Huertos Familiares
43260,1408004720,Res,Huertos Familiares
45079,1408004641,Res,Huertos Familiares
3421,20156518295,Com,Huertos Familiares
23910,20156518300,Com,Huertos Familiares
25887,20156518301,Com,Huertos Familiares
29242,20156518302,Com,Huertos Familiares
5246,23676,Res,Huertos Familiares
2674,1104021475,Com,Huertos Familiares
27023,18000116,Res,Huertos Familiares

3271,583875,Res,Huertos Familiares
56519,18000146,Res,Huertos Familiares
14489,1408004643,Res,Huertos Familiares
55907,1408004657,Res,Huertos Familiares
8182,15006649,Res,Huertos Familiares
5304,15006650,Res,Huertos Familiares
5246,583964,Res,Huertos Familiares
520,584750,Res,Huertos Familiares
42878,18000211,Res,Huertos Familiares
50633,584750,Res,Huertos Familiares
321,15017388,Res,Huertos Familiares
40714,15006641,Com,Huertos Familiares
2191,1408006892,Res,Islas Del Amor
2079,1408006862,Res,Jumandi
5588,309006397,Res,Jumandi
5588,911030325,Res,Jumandi
1948,309008986,Res,Jumandi
34228,1408006329,Res,Jumandi
2489,1408005326,Res,Jumandi
721,1408004062,Res,Jumandi
4658,2196,Res,Jumandi
4875,584658,Res,Jumandi
4875,584637,Res,Jumandi
2386,310014170,Res,Jumandi
23038,1011035942,Res,Jumandi
1023,705021965,Res,Jumandi
736,705023746,Res,Jumandi
40435,106003535,Ofi,Jumandi
28808,1408004070,Res,Jumandi
2139,1408006365,Res,Jumandi
4553,7050212457,Res,Jumandi
30751,1408006962,Res,Jumandi
20870,1408006748,Res,Jumandi
28306,802003236,Res,Jumandi
5207,911031773,Res,Jumandi
20960,705021932,Res,Jumandi
5783,705020599,Res,Jumandi
5707,1408004847,Res,Jumandi
29659,1408005322,Res,Jumandi
6205,705021453,Res,Jumandi
5875,705020548,Res,Jumandi
6094,705029547,Res,Jumandi
33486,1408006380,Res,Jumandi
53328,1408006767,Res,Jumandi
365,911030408,Res,Jumandi
36621,1408004928,Res,Jumandi
30129,583984,Res,Jumandi
3846,907558,Res,Jumandi
724,1408005085,Res,Jumandi
46108,210012298,Res,Jumandi
46108,18000077,Res,Jumandi
304,705020593,Res,Jumandi
29464,911030691,Res,Jumandi
18156,705028113,Res,Jumandi
1130,705020598,Res,Jumandi
319,907575,Res,Jumandi
1277,802003437,Res,Jumandi
24250,705021961,Res,Jumandi
7866,402004865,Com,Jumandi
4442,802004114,Res,Jumandi
42851,705024967,Res,Jumandi
48176,583986,Res,Jumandi
54779,583985,Res,Jumandi
20956,210011156,Res,Jumandi
6650,21882,Res,Jumandi
32470,1011038395,Res,Jumandi
6306,1408006382,Res,Jumandi
42776,1011034912,Res,Jumandi
6415,907481,Res,Jumandi
47488,705021452,Res,Jumandi
1016,1408004933,Res,Jumandi
29205,911030435,Res,Jumandi
39567,1408005196,Res,Jumandi
23884,1011035097,Res,Jumandi
23259,705021458,Res,Jumandi
3567,705021451,Res,Jumandi
2945,705020595,Res,Jumandi
2993,705021000,Res,Jumandi
3977,705021455,Res,Jumandi
1371,1408004059,Res,Jumandi
1371,1408004058,Res,Jumandi
2237,14993394,Res,Jumandi
2558,1408005760,Res,Jumandi
2558,18000078,Res,Jumandi
49945,1408006970,Res,Jumandi
2080,1408005759,Res,Jumandi
2223,1408005741,Res,Jumandi
59494,1408006333,Res,Jumandi
46482,1408004094,Res,Jumandi
36788,1408006334,Res,Jumandi
33395,1408006386,Res,Jumandi
1465,1408004540,Res,Jumandi
29428,911030438,Res,Jumandi
1660,1011036776,Res,Jumandi
14370,1408006777,Res,Jumandi
29289,911030316,Res,Jumandi
30472,1408004346,Res,Jumandi
30472,1408004347,Res,Jumandi
30471,1408004348,Res,Jumandi
33176,1408004349,Res,Jumandi
29452,1408004350,Res,Jumandi
43686,1408004431,Res,Jumandi
2177,705020594,Res,Jumandi
576,931756,Res,Jumandi
522,402004937,Com,Jumandi
48604,1104021442,Com,Jumandi
48604,1408006391,Com,Jumandi
48604,1408006392,Com,Jumandi
1466,705030219,Com,Jumandi

1466,1408006396,Res,Jumandi
32867,1408006613,Res,Jumandi
566,802003440,Res,Jumandi
2707,907491,Res,Jumandi
4070,802004228,Res,Jumandi
2739,705020989,Res,Jumandi
11519,931750,Res,Jumandi
35356,1408005209,Res,Jumandi
5716,1408004647,Res,Jumandi
10923,705023760,Res,Jumandi
2348,705020541,Res,Jumandi
1047,612034340,Res,Jumandi
6540,1011038224,Res,Jumandi
30136,1011035017,Res,Jumandi
847,1408006963,Res,Jumandi
6372,802004363,Res,Jumandi
7759,1011038269,Res,Jumandi
6885,1104021601,Com,Jumandi
445,210012340,Res,Jumandi
1025,605016993,Com,Jumandi
1025,309006446,Com,Jumandi
2823,38595,Com,Jumandi
1105,605016847,Com,Jumandi
1105,37180,Com,Jumandi
6619,1408005166,Res,Jumandi
22434,605016896,Com,Jumandi
27474,45957,Res,Jumandi
4875,18000290,Res,Jumandi
4875,18000289,Res,Jumandi
34292,18000283,Res,Jumandi
2273,1408005394,Res,La Union
3184,1408005393,Res,La Union
54866,18000462,Res,La Union
4912,18000120,Res,La Union
1082,1408005448,Res,Los Lirios
3078,1408005093,Res,Los Lirios
3541,1011038232,Res,Los Lirios
3738,1011038235,Res,Los Lirios
5125,1408004044,Res,Los Lirios
20481,1408006387,Res,Los Lirios
27777,1011038234,Res,Los Lirios
32893,1011038230,Res,Los Lirios
41590,1011038231,Res,Los Lirios
3078,18000282,Com,Los Lirios
609,1011035151,Res,Los Pinos
2072,612033602,Res,Los Pinos
1992,99000650,Res,Los Pinos
21086,Res,Los Pinos
4492,705022482,Res,Los Pinos
1735,1408005190,Res,Los Pinos
1735,1408005193,Res,Los Pinos
767,402004847,Ino,Los Pinos
20537,1408005437,Res,Los Pinos
28305,1408006364,Res,Los Pinos
2909,1011038378,Res,Los Pinos
21116,25042,Res,Los Pinos
234,1011035148,Res,Los Pinos
14796,1408005334,Res,Los Pinos
2785,911031774,Res,Los Pinos
3692,1408004088,Res,Los Pinos
8006,1408006362,Res,Los Pinos
31824,1408005440,Res,Los Pinos
5149,210012275,Res,Los Pinos
2156,1408005878,Res,Los Pinos
30529,1408006362,Res,Los Pinos
1091,1408006782,Res,Los Pinos
25757,210012313,Res,Los Pinos
1091,1408005892,Res,Los Pinos
27272,1408005251,Res,Los Pinos
5573,612037438,Res,Los Pinos
5097,37103,Res,Los Pinos
864,705024140,Res,Los Pinos
3892,931682,Res,Los Pinos
2413,20512,Res,Los Pinos
4541,705020478,Res,Los Pinos
3858,1408005871,Res,Los Pinos
7606,309006492,Res,Los Pinos
2913,46230,Res,Los Pinos
4393,402004862,Res,Los Pinos
20831,1408005880,Res,Los Pinos
2913,1408006877,Res,Los Pinos
2891,1408006889,Res,Los Pinos
3654,1408006354,Res,Los Pinos
4805,1408005431,Res,Los Pinos
36448,18000102,Res,Los Pinos
36019,1011036570,Res,Los Pinos
1857,612032675,Res,Los Pinos
36256,1408006868,Res,Los Pinos
3553,1011035169,Res,Los Pinos
3734,612035688,Res,Los Pinos
20868,1408006366,Com,Los Pinos
28103,1408004424,Res,Los Pinos
2909,1408005891,Res,Los Pinos
2909,18000045,Res,Los Pinos
4114,705021908,Res,Los Pinos
4009,705023757,Res,Los Pinos
2372,309007314,Res,Los Pinos
3125,210011437,Res,Los Pinos
7838,705021603,Res,Los Pinos
7838,705021602,Res,Los Pinos
982,814961,Res,Los Pinos
6540,309006453,Res,Los Pinos
28142,1011038229,Res,Los Pinos
31,23671,Res,Mariscal
31,1408005082,Res,Mariscal
34,1011035431,Res,Mariscal
58,24650,Res,Mariscal
66,1011038215,Res,Mariscal
67,46651,Res,Mariscal
69,1408006107,Res,Mariscal
83,1408006105,Res,Mariscal
104,1408006121,Res,Mariscal
114,25028,Res,Mariscal

128,18000380,Res,Mariscal
129,153413,Res,Mariscal
129,152492,Res,Mariscal
146,24590,Res,Mariscal
182,1408005935,Res,Mariscal
190,1408005422,Res,Mariscal
201,1011035146,Res,Mariscal
202,1408006110,Res,Mariscal
220,23678,Res,Mariscal
255,152484,Res,Mariscal
258,1408005950,Res,Mariscal
260,1408005687,Res,Mariscal
272,24005,Res,Mariscal
276,1408006512,Res,Mariscal
296,1408006602,Res,Mariscal
303,23641,Res,Mariscal
320,152415,Res,Mariscal
323,931679,Res,Mariscal
393,37227,Res,Mariscal
419,1408006048,Res,Mariscal
446,1408004122,Res,Mariscal
449,23673,Res,Mariscal
449,1011038222,Res,Mariscal
450,37172,Res,Mariscal
472,25030,Res,Mariscal
473,612034307,Res,Mariscal
489,1408005945,Res,Mariscal
494,911030666,Res,Mariscal
497,23967,Res,Mariscal
528,583974,Res,Mariscal
581,33281,Res,Mariscal
596,24009,Res,Mariscal
604,24002,Res,Mariscal
617,152607,Res,Mariscal
628,931738,Res,Mariscal
629,210012324,Res,Mariscal
643,152513,Res,Mariscal
649,37221,Res,Mariscal
654,1408004224,Res,Mariscal
678,1408004658,Res,Mariscal
689,23970,Res,Mariscal
697,153467,Res,Mariscal
706,37229,Res,Mariscal
711,1104021274,Res,Mariscal
712,1408005091,Res,Mariscal
720,1011037620,Res,Mariscal
723,152611,Res,Mariscal
754,24227,Res,Mariscal
823,911030406,Res,Mariscal
831,1408006511,Res,Mariscal
831,911031603,Res,Mariscal
831,1408006968,Res,Mariscal
831,1408006974,Res,Mariscal
842,46565,Res,Mariscal
844,612032647,Res,Mariscal
910,45867,Res,Mariscal
913,911031780,Res,Mariscal
960,1408005695,Res,Mariscal
1055,584686,Res,Mariscal
1070,15005038,Res,Mariscal
1076,152641,Res,Mariscal
1087,911030520,Res,Mariscal
1087,1408005757,Res,Mariscal
1099,911031775,Res,Mariscal
1102,612032683,Res,Mariscal
1218,911030310,Res,Mariscal
1257,153510,Res,Mariscal
1260,931702,Res,Mariscal
1404,24728,Res,Mariscal
1475,1011036573,Res,Mariscal
1482,153462,Res,Mariscal
1482,153463,Res,Mariscal
1635,23826,Res,Mariscal
1660,46269,Res,Mariscal
1882,153471,Res,Mariscal
1928,1408006296,Res,Mariscal
1941,705030591,Res,Mariscal
1974,574685,Res,Mariscal
1974,153517,Res,Mariscal
2009,153506,Res,Mariscal
2235,152654,Res,Mariscal
2260,152655,Res,Mariscal
2294,705023825,Res,Mariscal
2294,584106,Res,Mariscal
2332,1408005946,Res,Mariscal
2333,1408004092,Res,Mariscal
2334,1408005432,Res,Mariscal
2342,1011034904,Res,Mariscal
2480,803016645,Res,Mariscal
2492,612032673,Res,Mariscal
2581,24712,Res,Mariscal
2585,705023753,Res,Mariscal
2631,1011037986,Res,Mariscal
2682,1408005736,Res,Mariscal
2711,1011038351,Res,Mariscal
2716,1011037670,Res,Mariscal
2782,24127,Res,Mariscal
2797,152620,Res,Mariscal
2809,584690,Res,Mariscal
2810,584687,Res,Mariscal
2814,152619,Res,Mariscal
2815,1408004084,Res,Mariscal
2873,907574,Res,Mariscal
2902,152209,Res,Mariscal
2949,1408004117,Res,Mariscal
2954,37226,Res,Mariscal
3020,38449,Res,Mariscal
3087,1408006103,Res,Mariscal
3138,1408006118,Res,Mariscal
3171,19721,Res,Mariscal
3212,15004102,Res,Mariscal
3232,45890,Res,Mariscal
3233,705020299,Res,Mariscal
3234,705022591,Res,Mariscal

3278,1011038266,Res,Mariscal
3293,24130,Res,Mariscal
3301,153505,Res,Mariscal
3302,152615,Res,Mariscal
3312,23674,Res,Mariscal
3323,911030327,Res,Mariscal
3323,911030328,Res,Mariscal
3323,911030329,Res,Mariscal
3360,153420,Res,Mariscal
3377,1408004415,Res,Mariscal
3408,612033799,Res,Mariscal
3417,24955,Res,Mariscal
3418,584683,Res,Mariscal
3418,1011038368,Res,Mariscal
3418,1408005404,Res,Mariscal
3431,1408006397,Res,Mariscal
3431,1408006398,Res,Mariscal
3431,612032639,Res,Mariscal
3434,15004109,Res,Mariscal
3471,153511,Res,Mariscal
3471,612032736,Res,Mariscal
3479,24128,Res,Mariscal
3480,584697,Res,Mariscal
3518,23962,Res,Mariscal
3519,25040,Res,Mariscal
3555,1408004137,Res,Mariscal
3577,1408006790,Res,Mariscal
3584,802004119,Res,Mariscal
3605,45868,Res,Mariscal
3617,153468,Res,Mariscal
3622,153513,Res,Mariscal
3649,24121,Res,Mariscal
3702,1408006566,Res,Mariscal
3722,23647,Res,Mariscal
3725,705026969,Res,Mariscal
3766,1408006568,Res,Mariscal
3775,152604,Res,Mariscal
3776,24003,Res,Mariscal
3818,15004101,Res,Mariscal
3854,911030339,Res,Mariscal
3896,152402,Res,Mariscal
3907,23644,Res,Mariscal
3914,1408006814,Res,Mariscal
3920,931663,Res,Mariscal
3921,931735,Res,Mariscal
3964,612032646,Res,Mariscal
4016,1408006647,Res,Mariscal
4113,911031869,Res,Mariscal
4116,584688,Res,Mariscal
4128,911031337,Res,Mariscal
4167,705021962,Res,Mariscal
4249,907536,Res,Mariscal
4268,802004251,Res,Mariscal
4336,23680,Res,Mariscal
4361,1011038348,Res,Mariscal
4362,584695,Res,Mariscal
4364,15004107,Res,Mariscal
4373,911031861,Res,Mariscal
4382,705022486,Res,Mariscal
4401,705020544,Res,Mariscal
4447,309006406,Res,Mariscal
4464,1408004537,Res,Mariscal
4481,911031777,Res,Mariscal
4522,1408006111,Res,Mariscal
4524,1011038278,Res,Mariscal
4525,1408006817,Res,Mariscal
4529,705022594,Res,Mariscal
4550,24010,Res,Mariscal
4650,1011035432,Res,Mariscal
4699,15004110,Res,Mariscal
4726,25037,Res,Mariscal
4789,1408005682,Res,Mariscal
4806,705025517,Res,Mariscal
4810,23966,Res,Mariscal
4818,1011035018,Res,Mariscal
4845,705021970,Res,Mariscal
4882,1408005949,Res,Mariscal
4884,23643,Res,Mariscal
4963,1408004401,Res,Mariscal
4964,1408004357,Res,Mariscal
4980,1408005205,Res,Mariscal
4989,1011036358,Res,Mariscal
5140,1408006109,Res,Mariscal
5144,705021937,Res,Mariscal
5254,152603,Res,Mariscal
5254,152616,Res,Mariscal
5291,1408004101,Res,Mariscal
5291,24714,Res,Mariscal
5291,23822,Res,Mariscal
5291,1408004100,Res,Mariscal
5293,38444,Res,Mariscal
5361,1408004227,Res,Mariscal
5503,25031,Res,Mariscal
5527,153508,Res,Mariscal
5528,931759,Res,Mariscal
5535,152510,Res,Mariscal
5572,612032737,Res,Mariscal
5580,24008,Res,Mariscal
5583,23963,Res,Mariscal
5610,37176,Res,Mariscal
5695,911032096,Res,Mariscal
5698,25035,Res,Mariscal
5699,584696,Res,Mariscal
5705,152612,Res,Mariscal
5748,612033704,Res,Mariscal
5776,705025516,Res,Mariscal
5788,24122,Res,Mariscal
5823,584767,Res,Mariscal
5841,506014092,Res,Mariscal
5847,907527,Res,Mariscal
5909,1408004342,Res,Mariscal
5935,911031604,Res,Mariscal
6002,152503,Res,Mariscal

6027,24229,Res,Mariscal
6052,153515,Res,Mariscal
6068,153472,Res,Mariscal
6089,152277,Res,Mariscal
6111,612034378,Res,Mariscal
6140,1011036780,Res,Mariscal
6181,152268,Res,Mariscal
6183,584692,Res,Mariscal
6194,153473,Res,Mariscal
6210,23827,Res,Mariscal
6223,24006,Res,Mariscal
6226,1408004353,Res,Mariscal
6248,705020297,Res,Mariscal
6265,931707,Res,Mariscal
6291,23672,Res,Mariscal
6369,802004361,Res,Mariscal
6380,308004486,Res,Mariscal
6380,1408006291,Res,Mariscal
6389,152609,Res,Mariscal
6399,584694,Res,Mariscal
6406,1408004420,Res,Mariscal
6413,1011035172,Res,Mariscal
6438,24224,Res,Mariscal
6447,24223,Res,Mariscal
6453,37178,Res,Mariscal
6476,612033604,Res,Mariscal
6489,911031288,Res,Mariscal
6493,40608,Res,Mariscal
6496,1408006044,Res,Mariscal
6501,1408006650,Res,Mariscal
6506,152605,Res,Mariscal
6506,1408004097,Res,Mariscal
6539,1408006515,Res,Mariscal
6544,1408004355,Res,Mariscal
6545,1011035003,Res,Mariscal
6546,1408006115,Res,Mariscal
6562,1408004221,Res,Mariscal
6573,705024970,Res,Mariscal
6586,931717,Res,Mariscal
6589,24007,Res,Mariscal
6621,23969,Res,Mariscal
6835,1408005740,Res,Mariscal
7084,605016778,Res,Mariscal
7084,1104021356,Res,Mariscal
7108,1408005940,Res,Mariscal
7285,931659,Res,Mariscal
7534,25039,Res,Mariscal
7542,152505,Res,Mariscal
7779,37230,Res,Mariscal
7796,1408004358,Res,Mariscal
7849,37637,Res,Mariscal
7889,705024963,Res,Mariscal
7927,24228,Res,Mariscal
7967,152602,Res,Mariscal
8199,1011035079,Res,Mariscal
8420,802003232,Res,Mariscal
8446,24740,Res,Mariscal
8762,1408006971,Res,Mariscal
9745,25034,Res,Mariscal
11494,37881,Res,Mariscal
11571,1408004402,Res,Mariscal
11590,1408005947,Res,Mariscal
11905,1408006513,Res,Mariscal
12872,1408006875,Res,Mariscal
13461,308004926,Res,Mariscal
14400,23645,Res,Mariscal
14420,911030689,Res,Mariscal
15094,1408006648,Res,Mariscal
15099,1408004230,Res,Mariscal
17848,584684,Res,Mariscal
17852,612032637,Res,Mariscal
18101,705024158,Res,Mariscal
20086,931697,Res,Mariscal
20274,153419,Res,Mariscal
20630,152601,Res,Mariscal
20643,25029,Res,Mariscal
20667,907503,Res,Mariscal
20681,1011037983,Res,Mariscal
20681,1408005948,Res,Mariscal
20684,1408006654,Res,Mariscal
20753,1408006696,Res,Mariscal
20778,153474,Res,Mariscal
20801,1011037159,Res,Mariscal
20811,705021604,Res,Mariscal
20824,584689,Res,Mariscal
20851,152624,Res,Mariscal
20926,18004519,Res,Mariscal
20927,153470,Res,Mariscal
20940,1011035074,Res,Mariscal
20940,21748,Res,Mariscal
20961,152208,Res,Mariscal
21088,003950,Res,Mariscal
21089,003960,Res,Mariscal
21225,1408004170,Res,Mariscal
21271,1011035096,Res,Mariscal
23012,1408004165,Res,Mariscal
23154,24589,Res,Mariscal
23246,1408006779,Res,Mariscal
23332,705025207,Res,Mariscal
23397,1408005429,Res,Mariscal
23398,1011035082,Res,Mariscal
23430,1408004218,Res,Mariscal
23494,1408006559,Res,Mariscal
25343,931748,Res,Mariscal
23548,907543,Res,Mariscal
23816,931723,Res,Mariscal
23841,1011038375,Res,Mariscal
23846,911030330,Res,Mariscal
23974,24222,Res,Mariscal
24120,1408006289,Res,Mariscal
25248,1011035945,Res,Mariscal
25811,1011035603,Res,Mariscal
25948,152275,Res,Mariscal

3636,1011036777,Res,Sagrado Corazón
6151,1408006765,Res,Sagrado Corazón
3176,100436339,Res,Sagrado Corazón
3156,100436951,Res,Sagrado Corazón
2429,100438061,Res,Sagrado Corazón
33447,100439808,Res,Sagrado Corazón
2570,583952,Res,Sagrado Corazón
2570,583953,Res,Sagrado Corazón
1132,1104021238,Com,Sagrado Corazón
5128,100436853,Res,Sagrado Corazón
3077,100435787,Res,Sagrado Corazón
6198,1101000656,Res,Sagrado Corazón
837,100436333,Res,Sagrado Corazón
4346,584680,Res,Sagrado Corazón
273,100435683,Res,Sagrado Corazón
3238,100435344,Res,Sagrado Corazón
19756,1011035166,Res,Sagrado Corazón
44460,100437735,Res,Sagrado Corazón
23450,100435686,Res,Sagrado Corazón
14986,100435965,Com,Sagrado Corazón
3416,100435469,Res,Sagrado Corazón
4406,100436031,Res,Sagrado Corazón
4475,100436038,Res,Sagrado Corazón
4243,100435462,Res,Sagrado Corazón
40243,1408005401,Res,Sagrado Corazón
116,100436035,Res,Sagrado Corazón
12927,100438249,Com,Sagrado Corazón
5166,1011035344,Res,Sagrado Corazón
5166,583937,Res,Sagrado Corazón
4138,100436488,Res,Sagrado Corazón
4138,100435786,Com,Sagrado Corazón
3610,100436220,Res,Sagrado Corazón
5166,100436102,Res,Sagrado Corazón
20636,1101004793,Res,Sagrado Corazón
3764,100436212,Res,Sagrado Corazón
245,100435708,Res,Sagrado Corazón
8018,100436190,Res,Sagrado Corazón
8018,100435345,Res,Sagrado Corazón
1303,100435684,Res,Sagrado Corazón
3554,100436643,Res,Sagrado Corazón
1987,1101000655,Res,Sagrado Corazón
90,100438245,Res,Sagrado Corazón
49,1408004182,Res,Sagrado Corazón
4465,100436773,Res,Sagrado Corazón
911,1408006685,Com,Sagrado Corazón
1079,1408006885,Com,Sagrado Corazón
2299,100435789,Res,Sagrado Corazón
49,100436854,Res,Sagrado Corazón
6373,100436110,Res,Sagrado Corazón
43545,100435687,Res,Sagrado Corazón
45041,1408005693,Res,Sagrado Corazón
5412,100436039,Res,Sagrado Corazón
513,1011038390,Res,Sagrado Corazón
4567,1007016882,Com,Sagrado Corazón
2033,1408006640,Res,Sagrado Corazón
2033,100435341,Com,Sagrado Corazón
38248,100435682,Res,Sagrado Corazón
178,1007016934,Com,Sagrado Corazón
7537,100436654,Res,Sagrado Corazón
1089,100437028,Res,Sagrado Corazón
1089,100435688,Res,Sagrado Corazón
82,100436771,Res,Sagrado Corazón
23694,100436033,Res,Sagrado Corazón
40435,80666121,Ofi,Sagrado Corazón
40435,80666124,Ofi,Sagrado Corazón
40435,161003159,Ofi,Sagrado Corazón
1387,1408005235,Res,Sagrado Corazón
1387,1408005236,Res,Sagrado Corazón
40435,1007016884,Ofi,Sagrado Corazón
40435,1007016693,Ofi,Sagrado Corazón
6455,100437099,Res,Sagrado Corazón
7684,100435818,Res,Sagrado Corazón
14610,100435465,Res,Sagrado Corazón
2422,100436217,Res,Sagrado Corazón
6214,100436658,Res,Sagrado Corazón
6214,100435342,Res,Sagrado Corazón
6214,100436642,Res,Sagrado Corazón
20642,100436852,Res,Sagrado Corazón
7991,100435788,Res,Sagrado Corazón
4811,100438243,Res,Sagrado Corazón
5511,1007016803,Res,Sagrado Corazón
1163,100435681,Res,Sagrado Corazón
6373,100436822,Com,Sagrado Corazón
37456,100436489,Res,Sagrado Corazón
37037,100438300,Com,Sagrado Corazón
1927,100436776,Com,Sagrado Corazón
2733,605016848,Com,Sagrado Corazón
14605,1408006180,Res,Sagrado Corazón
2630,100435343,Com,Sagrado Corazón
14667,605016878,Res,Sagrado Corazón
6214,1408006751,Res,Sagrado Corazón
6214,1011035615,Res,Sagrado Corazón
19381,100436775,Res,Sagrado Corazón
2755,100435817,Com,Sagrado Corazón
5628,100765167,Res,Sagrado Corazón
31450,100440061,Res,Sagrado Corazón
4595,100436181,Res,Sagrado Corazón
1387,1408004529,Res,Sagrado Corazón
1387,1408006610,Res,Sagrado Corazón
6165,100768185,Com,Sagrado Corazón
975,100435937,Res,Sagrado Corazón
5213,100436851,Res,Sagrado Corazón
6040,100437722,Com,Sagrado Corazón
3841,1011037981,Res,Sagrado Corazón
6268,100437700,Com,Sagrado Corazón
3826,1408006501,Res,Sagrado Corazón
3826,1007016802,Com,Sagrado Corazón
3444,1007016821,Com,Sagrado Corazón
2459,100 35188,R,Es,Sagrado Corazón
4940,1408006750,Res,Sagrado Corazón
35122,1408004925,Res,Sagrado Corazón
3106,18000378,Res,Sagrado Corazón
1310,1408004858,Res,Sagrado Corazón
3454,1408004865,Res,Sagrado Corazón
2690,1408005124,Res,Sagrado Corazón
23817,1408005094,Res,Sagrado Corazón
805,1408004860,Res,Sagrado Corazón
28986,1408004863,Res,Sagrado Corazón
"30144
,1408004862,Res,Sagrado Corazón"
843,1408004861,Res,Sagrado Corazón
4203,1408004864,Res,Sagrado Corazón
430,1408004866,Res,Sagrado Corazón
1307,1408004867,Res,Sagrado Corazón
1307,1408004868,Res,Sagrado Corazón
40768,1408004923,Res,Sagrado Corazón
7201,1408005099,Res,Sagrado Corazón
33737,18000374,Res,Sagrado Corazón
31099,18000375,Res,Sagrado Corazón
251,1408005130,Res,Sagrado Corazón
49963,1408004872,Res,Sagrado Corazón
3536,1408004531,Res,Sagrado Corazón
3804,1408005197,Res,Sagrado Corazón
2963,1408004857,Res,Sagrado Corazón
14460,1408005102,Res,Sagrado Corazón
3023,1408005095,Res,Sagrado Corazón
5335,1408004855,-,
231,1408004902,Res,Sagrado Corazón
25291,1408005123,Res,Sagrado Corazón
32887,1408004856,Res,Sagrado Corazón
26578,1408004903,Res,Sagrado Corazón
7632,1408005098,Res,Sagrado Corazón
7632,1408005117,Res,Sagrado Corazón
5649,1408004871,Res,Sagrado Corazón
106,1408004873,Res,Sagrado Corazón
29,1408004874,Res,Sagrado Corazón
36756,1408004924,Res,Sagrado Corazón
1227,1408004901,Res,Sagrado Corazón
32667,1408004877,Res,Sagrado Corazón
Corazón
13127,1408004880,Res,Sagrado Corazón
5131,1408004859,Res,Sagrado Corazón
5131,1408004878,Res,Sagrado Corazón
4509,1408004920,Res,Sagrado Corazón
4786,1408004919,Res,Sagrado Corazón
4786,1408004918,Res,Sagrado Corazón
8669,1408005119,Res,Sagrado Corazón
8669,1408005096,Res,Sagrado Corazón
8669,1408006653,Res,Sagrado Corazón
9669,106000706,Res,Sagrado Corazón
8669,1408005100,Res,Sagrado Corazón
217,1408004869,Res,Sagrado Corazón
222,1408004875,Res,Sagrado Corazón
222,1408004876,Res,Sagrado Corazón
6184,1408004907,Res,Sagrado Corazón
19691,1408005151,Res,Sagrado Corazón
601,1408004909,Res,Sagrado Corazón
7929,1408004912,Res,Sagrado Corazón
4495,1408005120,Res,Sagrado Corazón
42383,1408004624,Res,Sagrado Corazón
3277,1408004914,Res,Sagrado Corazón
3335,1408004921,Res,Sagrado Corazón
464,1408006656,Res,Sagrado Corazón
3358,1408004904,Res,Sagrado Corazón
25941,1408005214,Res,Sagrado Corazón
25941,14993411,Res,Sagrado Corazón
27992,1408004913,Res,Sagrado Corazón
2221,1408004906,Res,Sagrado Corazón
3277,1408004915,Res,Sagrado Corazón
26740,1408004917,Res,Sagrado Corazón
6207,1408004922,Res,Sagrado Corazón
1335,1408004911,Res,Sagrado Corazón
4595,1408005215,Res,Sagrado Corazón
14028,-,Res,Sagrado Corazón
634,1408005381,Res,Sagrado Corazón
50024,584127,Res,Sagrado Corazón
5495,1104021513,Res,Sagrado Corazón
8669,584634,Com,Sagrado Corazón
38451,584753,Res,Sagrado Corazón
5312,18000141,Res,Sagrado Corazón
30144,584802,Res,Sagrado Corazón
2312,18000013,Res,Sagrado Corazón
1199,18000043,Res,Sagrado Corazón
3956,1007016734,Res,Sagrado Corazón
248,146093,Res,Sagrado Corazón
288,705023823,Res,San Antonio
390,911031007,Res,San Antonio
369,1408004403,Res,San Antonio
400,907488,Res,San Antonio
456,107000331,Res,San Antonio
488,907562,Res,San Antonio
517,705025208,Res,San Antonio
538,1011036858,Res,San Antonio
539,1408006144,Res,San Antonio
825,705024157,Res,San Antonio
845,107000361,Res,San Antonio
863,1408004430,Res,San Antonio
863,1408004430,Res,San Antonio
873,210012098,Res,San Antonio
890,705020365,Res,San Antonio
904,705024160,Res,San Antonio
983,802003424,Res,San Antonio
993,705028116,Res,San Antonio
1020,907513,Res,San Antonio
1059,931652,Res,San Antonio
1125,1408004052,Res,San Antonio
1150,802003383,Res,San Antonio
1153,1408004421,Res,San Antonio
1153,1408006152,Res,San Antonio
1153,1408004422,Res,San Antonio
1249,1011039409,Res,San Antonio
1275,146095,Res,San Antonio
1279,146091,Res,San Antonio
1317,1408006147,Res,San Antonio
1349,612034404,Res,San Antonio
1349,1011038388,Res,San Antonio
1349,1011038387,Res,San Antonio
1360,1408005445,Res,San Antonio
1360,1408005420,Res,San Antonio
1379,1408004170,Res,San Antonio
1379,1408005840,Res,San Antonio
1383,24738,Res,San Antonio
1384,1408006758,Res,San Antonio
1386,38511,Res,San Antonio
1386,802003772,Res,San Antonio
1395,1408005661,Res,San Antonio
1395,310014081,Res,San Antonio
1418,612037431,Res,San Antonio
1424,110700332,Res,San Antonio
1449,1408004223,Res,San Antonio
1460,612037296,Res,San Antonio
1486,107000334,Res,San Antonio
1510,210011348,Res,San Antonio
1549,18000053,Res,San Antonio
1570,107000347,Res,San Antonio
1574,38560,Res,San Antonio
1617,931724,Res,San Antonio
1634,107000330,Res,San Antonio
1693,107000343,Res,San Antonio
1761,107000311,Res,San Antonio
1791,1408006158,Res,San Antonio
1892,1011034986,Res,San Antonio
1892,612037432,Res,San Antonio
1892,911031284,Res,San Antonio
1944,1408005206,Res,San Antonio
2026,1408006813,Res,San Antonio
2046,612037436,Res,San Antonio
2056,705024174,Res,San Antonio
2062,931776,Res,San Antonio
2147,107000326,Res,San Antonio
2158,911031290,Res,San Antonio
2230,802004224,Res,San Antonio
2230,107000337,Res,San Antonio
2238,1408004010,Res,San Antonio
2272,1408006652,Res,San Antonio
2275,705024962,Res,San Antonio
2276,612033703,Res,San Antonio
2337,612037433,Res,San Antonio
2345,705021967,Res,San Antonio
2365,1408006140,Res,San Antonio
2389,107000342,Res,San Antonio
2407,1011034911,Res,San Antonio
2407,1408006757,Res,San Antonio
2418,1408005875,Res,San Antonio
2464,1408006153,Res,San Antonio
2468,309006391,Res,San Antonio
2476,911030321,Res,San Antonio
2486,310013841,Res,San Antonio
2499,1408006138,Res,San Antonio
2507,310014086,Res,San Antonio
2510,1408004411,Res,San Antonio
2650,1408006145,Res,San Antonio
2700,1408005113,Res,San Antonio
2724,612034305,Res,San Antonio
2735,1408006154,Res,San Antonio
2735,1408006146,Res,San Antonio
2735,1011036859,Res,San Antonio
2767,309006499,Res,San Antonio
2867,705029931,Res,San Antonio
2790,1408006759,Res,San Antonio
2790,1408005092,Res,San Antonio
2811,612037435,Res,San Antonio
2817,1107000344,Res,San Antonio
2863,19724,Res,San Antonio
2867,705027660,Res,San Antonio
2869,1011038397,Res,San Antonio
2910,1408005662,Res,San Antonio
3005,1408005338,Res,San Antonio
3006,308004924,Res,San Antonio
3026,1408005822,Res,San Antonio
3103,705029939,Res,San Antonio
3105,1408005832,Res,San Antonio
3126,1408006141,Res,San Antonio
3130,911031320,Res,San Antonio
3148,210011341,Res,San Antonio
3157,1408006148,Res,San Antonio
3193,210012293,Res,San Antonio
3193,1408004157,Res,San Antonio
3208,907544,Res,San Antonio
3244,1408006134,Res,San Antonio
3257,1408005861,Res,San Antonio
3413,1107000338,Res,San Antonio
3436,1011036857,Res,San Antonio
3490,107000341,Res,San Antonio
3496,1408004238,Res,San Antonio
3497,612037239,Res,San Antonio
3498,612033605,Res,San Antonio
3516,1107000339,Res,San Antonio
3540,1408005178,Res,San Antonio
3572,147267,Res,San Antonio
3573,802004256,Res,San Antonio
3576,931711,Res,San Antonio
3633,931710,Res,San Antonio
3638,107000348,Res,San Antonio
3678,1408004082,Res,San Antonio
3739,1408005673,Res,San Antonio
3767,583939,Res,San Antonio
3767,612033607,Res,San Antonio
3789,1408006594,Res,San Antonio
3933,1408004500,Res,San Antonio
3986,38571,Res,San Antonio
3998,37885,Res,San Antonio
4018,1408006780,Res,San Antonio
4050,911031006,Res,San Antonio
4050,46140,Res,San Antonio
4066,931653,Res,San Antonio
4088,802004253,Res,San Antonio
4122,911030318,Res,San Antonio
4160,1107000315,Res,San Antonio
4173,146098,Res,San Antonio
4194,907504,Res,San Antonio
4213,1408006159,Res,San Antonio
4260,1408006564,Res,San Antonio
4265,1408005670,Res,San Antonio
4347,1408004075,Res,San Antonio
4409,802004473,Res,San Antonio

2669,100439521,Res,Vista Hermosa	5405,100436337,Res,Vista Hermosa	20704,100435415,Res,Vista Hermosa	5063,605016844,Com,Vista Hermosa
2671,100436653,Res,Vista Hermosa	5537,100435438,Res,Vista Hermosa	20763,100435635,Res,Vista Hermosa	5069,100438696,Com,Vista Hermosa
2711,1011035606,Res,Vista Hermosa	5599,100437100,Res,Vista Hermosa	20791,100437535,Res,Vista Hermosa	5537,100438693,Com,Vista Hermosa
2715,100436131,Res,Vista Hermosa	5654,100437023,Res,Vista Hermosa	20791,1101002872,Res,Vista Hermosa	5654,1104021220,Com,Vista Hermosa
2796,100438777,Res,Vista Hermosa	5683,100436464,Res,Vista Hermosa	20807, ,Res,Vista Hermosa	5750,100436037,Com,Vista Hermosa
2808,100436959,Res,Vista Hermosa	5711,100436331,Res,Vista Hermosa	20809,100435411,Res,Vista Hermosa	5976,100435689,Com,Vista Hermosa
2813,1408006393,Res,Vista Hermosa	5767,1011036774,Res,Vista Hermosa	20922,1101004697,Res,Vista Hermosa	6191,1007016735,Com,Vista Hermosa
2888,1101002706,Res,Vista Hermosa	5770,100436097,Res,Vista Hermosa	21069,002600,Res,Vista Hermosa	6234,100436100,Com,Vista Hermosa
2888,100769316,Res,Vista Hermosa	5876,100436957,Res,Vista Hermosa	22264,100436145,Res,Vista Hermosa	6234,1007016885,Com,Vista Hermosa
2917,1007016887,Res,Vista Hermosa	6015,100435417,Res,Vista Hermosa	22284,100435969,Res,Vista Hermosa	6375,1104021217,Com,Vista Hermosa
2983,100436187,Res,Vista Hermosa	6091,100437027,Res,Vista Hermosa	22284,100438292,Res,Vista Hermosa	6392,080666128,Com,Vista Hermosa
3046,100438067,Res,Vista Hermosa	6138,1005012881,Res,Vista Hermosa	22405,100435632,Res,Vista Hermosa	7555,100436490,Com,Vista Hermosa
3061,100435886,Res,Vista Hermosa	6158,100436486,Res,Vista Hermosa	23475,100435933,Res,Vista Hermosa	20884,1408005721,Com,Vista Hermosa
3089,100436380,Res,Vista Hermosa	6158,100436485,Res,Vista Hermosa	23498,100436768,Res,Vista Hermosa	Hermosa
3127,100435435,Res,Vista Hermosa	6189,100436641,Res,Vista Hermosa	23796,1408004047,Res,Vista Hermosa	20951,100435961,Com,Vista Hermosa
3129,100436096,Res,Vista Hermosa	6191,1408006649,Res,Vista Hermosa	24049,100436487,Res,Vista Hermosa	5063,100437533,Com,Vista Hermosa
3151,100435324,Res,Vista Hermosa	6199,100438991,Res,Vista Hermosa	28399,100436762,Res,Vista Hermosa	14979,1008017726,Ind,Vista Hermosa
3203,100437601,Res,Vista Hermosa	6199,100439524,Res,Vista Hermosa	28625,1011038263,Res,Vista Hermosa	5072,1007016732,Ind,Vista Hermosa
3242,1007016955,Res,Vista Hermosa	6206,100438062,Res,Vista Hermosa	28625,100436353,Res,Vista Hermosa	20882,1007016752,Ofi,Vista Hermosa
3242,100437092,Res,Vista Hermosa	6234,100437536,Res,Vista Hermosa	29034,100437605,Res,Vista Hermosa	40435,1101003514,Ofi,Vista Hermosa
3245,100438997,Res,Vista Hermosa	6308,100435784,Res,Vista Hermosa	29035,100436474,Res,Vista Hermosa	40435,705030369,Ofi,Vista Hermosa
3316,100769367,Res,Vista Hermosa	6312,100439522,Res,Vista Hermosa	30066,1101002826,Res,Vista Hermosa	40435,1101002850,Ofi,Vista Hermosa
3538,1408006728,Res,Vista Hermosa	6318,100437602,Res,Vista Hermosa	30848,100436828,Res,Vista Hermosa	40435,100769366,Ofi,Vista Hermosa
3760,100438697,Res,Vista Hermosa	6321,100436149,Res,Vista Hermosa	31472,100436646,Res,Vista Hermosa	40435,1005011501,Ofi,Vista Hermosa
3778,911032098,Res,Vista Hermosa	6321,100436480,Res,Vista Hermosa	36627,100436477,Res,Vista Hermosa	40435,100435638,Ofi,Vista Hermosa
3795,100436075,Res,Vista Hermosa	6321,100436372,Res,Vista Hermosa	37666,100435882,Res,Vista Hermosa	40435,1101004610,Ofi,Vista Hermosa
3839,100436779,Res,Vista Hermosa	6333,100437810,Res,Vista Hermosa	274,1007016782,Res,Vista Hermosa	2796,583933,Ofi,Vista Hermosa
3869,1408004851,Res,Vista Hermosa	6349,100436484,Res,Vista Hermosa	286,100439528,Com,Vista Hermosa	2917,584489,Res,Vista Hermosa
3890,100439766,Res,Vista Hermosa	6386,100436649,Res,Vista Hermosa	341,1007016883,Com,Vista Hermosa	4187,1011038223,Res,Vista Hermosa
3900,100436109,Res,Vista Hermosa	6459,1005012882,Res,Vista Hermosa	467,605016871,Com,Vista Hermosa	6318,1008017490,Res,Vista Hermosa
3900,100437532,Res,Vista Hermosa	6485,100436216,Res,Vista Hermosa	644,100436407,Com,Vista Hermosa	9727,1006014548,Res,Vista Hermosa
3900,911031868,Res,Vista Hermosa	6490,100436482,Res,Vista Hermosa	677,100436410,Com,Vista Hermosa	20663,18000334,Com,Vista Hermosa
4008,1408004688,Res,Vista Hermosa	6490,100436766,Res,Vista Hermosa	698,100769315,Com,Vista Hermosa	28504,100436184,Res,Vista Hermosa
4008,100437540,Res,Vista Hermosa	7019,100435938,Res,Vista Hermosa	705,100436040,Com,Vista Hermosa	26706,100437805,Res,Vista Hermosa
4187,100438246,Res,Vista Hermosa	7608,100438993,Res,Vista Hermosa	1054,100435634,Com,Vista Hermosa	813,100436092,Com,Vista Hermosa
4889,100436242,Res,Vista Hermosa	7637,100436647,Res,Vista Hermosa	1205,100438070,Com,Vista Hermosa	3099,583776,Res,Vista Hermosa
5041,100436660,Res,Vista Hermosa	8040,1011000657,Res,Vista Hermosa	1786,100436211,Com,Vista Hermosa	52653,18000235,Res,Vista Hermosa
5069,100435552,Res,Vista Hermosa	8209,100436243,Res,Vista Hermosa	2249,100438064,Com,Vista Hermosa	3688,18000227,Res,Vista Hermosa
5090,100436246,Res,Vista Hermosa	8209,100436143,Res,Vista Hermosa	2720,1101000390,Com,Vista Hermosa	14856,18000212,Res,Vista Hermosa
5161,100437299,Res,Vista Hermosa	9169,100435633,Res,Vista Hermosa	2729,100436183,Com,Vista Hermosa	2917,584489,Res,Vista Hermosa
5173,100437093,Res,Vista Hermosa	9727,100436091,Res,Vista Hermosa	2729,1104021278,Com,Vista Hermosa	6327,18000266,Res,Vista Hermosa
5239,1101000715,Res,Vista Hermosa	14378,100436655,Res,Vista Hermosa	2813,11001678,Com,Vista Hermosa	6327,18000267,Res,Vista Hermosa
5261,907560,Res,Vista Hermosa	14543,100436956,Res,Vista Hermosa	3245,605016873,Com,Vista Hermosa	34474,18000047,Res,Vista Hermosa
5261,100437534,Res,Vista Hermosa	17984,1011038277,Res,Vista Hermosa	3274,100436351,Com,Vista Hermosa	19632,18000293,Res,Vista Hermosa
5268,1408005300,Res,Vista Hermosa	20645,100436356,Res,Vista Hermosa	3274,1007016776,Com,Vista Hermosa	
5271,100436036,Res,Vista Hermosa	20663,100436476,Res,Vista Hermosa	4407,100436483,Com,Vista Hermosa	

Apéndice B - Archivos de parámetros de Aquacycle

B1. Extracto de datos climáticos de la ciudad de Tena

20200101,Tena_city,20201231	20200216,0.2,2.732	20200403,0.187,3.173	20200520,4.443,3.211
20200101,0,2.926	20200217,0.2,2.995	20200404,0.795,3.404	20200521,10.851,3.106
20200102,0,2.907	20200218,5.6,2.708	20200405,22.264,3.13	20200522,23.948,3.335
20200103,0,2.774	20200219,3.8,2.903	20200406,8.746,3.51	20200523,97.474,3.186
20200104,0,2.602	20200220,0.6,3.23	20200407,18.288,2.864	20200524,20.907,2.936
20200105,0,3.236	20200221,0,3.42	20200408,0.14,3.356	20200525,56.174,2.722
20200106,0,3.587	20200222,8.3,2.98	20200409,21.983,3.352	20200526,2.806,2.81
20200107,0,3.55	20200223,6.8,2.64	20200410,26.941,3.492	20200527,0.608,3.156
20200108,1.3,3.153	20200224,0,3.027	20200411,45.697,2.875	20200528,12.254,3.091
20200109,0,1.735	20200225,0,3.436	20200412,0.234,2.83	20200529,0.094,3.129
20200110,0,2.497	20200226,5.8,3.146	20200413,0.655,3.299	20200530,0.982,2.827
20200111,0,2.441	20200227,21.4,3.141	20200414,0.281,3.816	20200531,13.751,3.088
20200112,0,2.457	20200228,0.1,2.994	20200415,39.429,3.354	20200601,0.094,2.601
20200113,0,2.546	20200229,0.4,3.165	20200416,8.466,2.643	20200602,21.469,3.096
20200114,0,3.007	20200301,4.7,3.454	20200417,0.14,2.393	20200603,13.096,2.819
20200115,0,3.3.529	20200302,2.9,3.329	20200418,42.095,2.062	20200604,0.281,2.996
20200116,12.9,3.328	20200303,1.6,3.834	20200419,0.608,3.056	20200605,21.235,2.345
20200117,7,3.285	20200304,41.1,3.411	20200420,0.561,3.209	20200606,0.327,2.9
20200118,12.2,3.237	20200305,10.4,3.464	20200421,0.094,3.217	20200607,6.361,3.416
20200119,63.8,3.198	20200306,10.6,2.817	20200422,0.14,3.413	20200608,0.094,3.307
20200120,25.9,2.832	20200307,0,3.181	20200423,6.127,3.064	20200609,0.047,3.258
20200121,2.6,3.207	20200308,0.7,3.243	20200424,4.256,3.226	20200610,21.609,3.388
20200122,44.1,3.323	20200309,0.1,3.733	20200425,6.782,3.342	20200611,38.587,3.143
20200123,4.1,3.34	20200310,0.2,3.305	20200426,0.327,3.379	20200612,0.094,3.177
20200124,5.6,3.407	20200311,0,3.38	20200427,0.468,2.909	20200613,0.094,3.064
20200125,1.8,3.02	20200312,4.7,2.977	20200428,1.871,3.237	20200614,12.067,2.696
20200126,0.1,3.533	20200313,4.7,3.503	20200429,0.234,3.484	20200615,26.006,2.652
20200127,3.5,3.829	20200314,0,3.526	20200430,31.338,3.107	20200616,20.767,3.299
20200128,1.1,3.885	20200315,0,3.819	20200501,108.84,2.465	20200617,0.608,3.512
20200129,8.8,3.579	20200316,42.4,3.642	20200502,7.951,2.868	20200618,26.193,3.315
20200130,49.1,3.033	20200317,19.7,3.003	20200503,1.497,2.945	20200619,90.926,2.707
20200131,2.3,3.569	20200318,6,3.248	20200504,0.748,3.033	20200620,56.642,2.605
20200201,56.2,2.394	20200319,1.4,3.268	20200505,20.533,2.872	20200621,50.094,2.754
20200202,7.4,2.943	20200320,0.8,3.462	20200506,0.281,3.37	20200622,0.14,3.1
20200203,20.2,3.019	20200321,0.4,3.712	20200507,57.998,2.739	20200623,37.091,2.536
20200204,4.4,3.054	20200322,0.3,3.509	20200508,0.327,2.662	20200624,2.011,2.898
20200205,0.1,3.508	20200323,1.918,3.22	20200509,10.29,2.66	20200625,7.624,2.539
20200206,0,3.517	20200324,2.526,3.444	20200510,0.14,3.193	20200626,20.58,2.593
20200207,0.8,3.155	20200325,0.655,3.324	20200511,6.127,3.219	20200627,17.446,2.969
20200208,4.5,3.181	20200326,0.047,3.713	20200512,0.935,3.388	20200628,6.688,2.964
20200209,0.1,3.383	20200327,0.608,3.822	20200513,12.909,2.746	20200629,25.865,2.628
20200210,0.1,3.085	20200328,7.624,3.588	20200514,0.14,3.062	20200630,0.748,3.198
20200211,8.4,3.152	20200329,0.608,3.434	20200515,1.169,3.278	20200701,3.648,3.241
20200212,2.4,3.438	20200330,17.68,2.903	20200516,86.67,2.466	20200702,81.572,2.604
20200213,7.7,3.28	20200331,23.199,2.801	20200517,3.368,2.972	20200703,0.094,2.507
20200214,0,3,3.262	20200401,0.889,3.353	20200518,40.412,2.846	20200704,8.466,2.993
20200215,4.8,2.448	20200402,159.027,2.472	20200519,0.935,3.161	20200705,0.234,2.958

20200706,0.281,3.156
20200707,28.952,2.68
20200708,17.867,3.095
20200709,10.804,2.637
20200710,2.526,2.798
20200711,31.197,2.977
20200712,2.572,3.126
20200713,65.949,2.826
20200714,5.145,2.98
20200715,32.741,2.318
20200716,4.163,2.782
20200717,5.239,3.139
20200718,8.606,2.725
20200719,0.374,2.669
20200720,1.029,2.787
20200721,0.094,3.047
20200722,16.277,2.653
20200723,0.234,3.201
20200724,0.094,2.904
20200725,0.702,2.688
20200726,3.414,2.809
20200727,4.958,3.13
20200728,0.094,3.143
20200729,66.23,2.489
20200730,6.548,2.587
20200731,7.811,2.764
20200801,2.853,2.986
20200802,0.094,3.376
20200803,2.572,2.906
20200804,2.198,3.133
20200805,0.094,3.114
20200806,2.292,2.39
20200807,6.408,2.34
20200808,0.842,2.28
20200809,0.047,2.806
20200810,0.362
20200811,0.047,3.681
20200812,40.131,3.619
20200813,0.327,3.56
20200814,98.223,3.304
20200815,1.356,3.108
20200816,0.748,3.503
20200817,0.047,3.596
20200818,0.187,3.271
20200819,0.047,3.526
20200820,5.847,3.197
20200821,54.256,2.472

20200822,1.076,2.612
20200823,2.947,2.103
20200824,0.094,2.402
20200825,0.047,2.932
20200826,0.3.4
20200827,0.3.299
20200828,7.905,3.1
20200829,0.514,3.275
20200830,0.094,3.268
20200831,0.047,3.275
20200901,63.751,2.118
20200902,0.234,2.717
20200903,20.393,3.107
20200904,32.741,3.13
20200905,4.677,3.308
20200906,0.187,3.284
20200907,5.987,3.538
20200908,17.961,2.724
20200909,2.619,2.439
20200910,0.14,3.058
20200911,0.047,3.05
20200912,0.514,3.276
20200913,3.087,3.6
20200914,0.561,3.22
20200915,11.88,2.366
20200916,0.14,2.8
20200917,0.047,3.012
20200918,6.501,3.533
20200919,10.009,2.602
20200920,0.14,3.153
20200921,0.3.281
20200922,0.047,3.832
20200923,8.934,2.627
20200924,10.243,2.417
20200925,9.355,3.333
20200926,0.281,3.025
20200927,0.3.026
20200928,1.918,3.008
20200929,1.356,2.838
20200930,3.976,2.687
20201001,0.047,2.715
20201002,0.2.815
20201003,2.666,2.527
20201004,1.637,2.657
20201005,0.2.8
20201006,0.2.981
20201007,0.3.655

20201008,3.181,2.79
20201009,0.047,3.462
20201010,0.094,3.491
20201011,0.3.684
20201012,12.348,3.237
20201013,0.234,3.675
20201014,36.763,3.111
20201015,8.934,2.855
20201016,18.475,2.754
20201017,1.497,2.843
20201018,16.885,2.956
20201019,0.421,3.367
20201020,2.806,3.272
20201021,11.693,2.761
20201022,11.225,2.526
20201023,1.871,3.113
20201024,0.327,3.245
20201025,2.152,3.475
20201026,0.3.867
20201027,5.659,3.222
20201028,0.094,3.69
20201029,6.127,3.683
20201030,71.749,3.43
20201031,0.608,3.096
20201101,32.18,2.524
20201102,1.123,3.512
20201103,5.051,3.212
20201104,0.14,3.417
20201105,13.611,3.695
20201106,0.795,3.737
20201107,68.896,2.618
20201108,0.468,3.049
20201109,0.094,2.934
20201110,0.3.482
20201111,25.444,3.164
20201112,90.084,3.083
20201113,0.234,3.346
20201114,19.411,3.702
20201115,22.077,2.702
20201116,0.889,2.621
20201117,0.234,3.103
20201118,0.3.164
20201119,65.108,3.038
20201120,22.825,2.917
20201121,3.929,3.083
20201122,0.468,3.24
20201123,26.567,2.627

20201124,0.889,3.239
20201125,0.935,3.453
20201126,0.047,3.446
20201127,38.26,2.755
20201128,2.479,2.775
20201129,2.526,2.806
20201130,3.134,2.947
20201201,0.047,3.339
20201202,92.189,2.805
20201203,1.637,3.128
20201204,13.19,3.078
20201205,34.331,2.969
20201206,7.671,3.153
20201207,5.145,3.347
20201208,23.994,3.152
20201209,2.76,3.133
20201210,12.348,2.983
20201211,8.793,3.394
20201212,23.573,2.859
20201213,0.374,2.949
20201214,1.497,2.768
20201215,0.281,2.656
20201216,0.2.927
20201217,11.74,2.653
20201218,6.595,2.835
20201219,0.374,2.728
20201220,0.047,2.926
20201221,0.094,3.043
20201222,5.659,2.974
20201223,3.134,3.508
20201224,1.403,3.2
20201225,10.337,3.432
20201226,1.871,3.239
20201227,0.094,3.2
20201228,18.709,2.387
20201229,37.746,2.944
20201230,0.935,3.365
20201231,1.31,3.084

B2. Perfil de uso de agua interior

Tena_IWUP
1,44.6,66.2,61.2,50
2,68.6,132.4,122.4,100
3,89.4,198.7,183.6,150
4,110.2,264.9,244.8,200
5,131,331.1,306,250
6,153.3,397.3,367.2,300
7,173.8,463.5,428.4,350
0,3,0
0

B3. Valores de los parámetros del bloque unitario

5
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,2,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,2,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,2,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0

B4. Valores de los parámetros de clúster

5
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,100,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0

B5. Valores de los parámetros de captación

1518.9537,0,0,0,0,0,0

B6. Archivo de parámetros iniciales, calibrados y medidos

5
150,7,582.31,217.2,206.14,154.31,0,52.56,4.01,39.77,0,50,2,0
834,7,536.52,76.19,376.64,83.16,0,459.24,61.01,353.44,0,50,3,0
1389,7,673.27,85.51,524.48,63.29,0,475.3,41.73,339.85,0,50,4,0
369,7,576.78,91.71,391.06,88.25,0,81.02,6.57,53.11,0,50,5,0
3350,7,532.88,69.81,441.23,19.18,0,450.83,80.64,191.52,0,50,0,0
0
12,40,250,0,100,0,100,0,100,93,00001,07,,1,1,0,0
12,40,250,0,100,0,100,0,100,93,00001,07,,1,1,0,0
12,40,250,0,100,0,100,0,100,93,00001,07,,1,1,0,0
12,40,250,0,100,0,100,0,100,93,00001,07,,1,1,0,0
12,40,250,0,100,0,100,0,100,93,00001,07,,1,1,00
0
0,0,0,0,0
0,0,0,0,0
0,0,0,0,0
0,0,0,0,0
0,0,0,50,0

