



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**VALIDACIÓN DEL INVENTARIO DE USOS DE AGUA EN
LA SUBCUENCA DEL RÍO RIRCAY**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

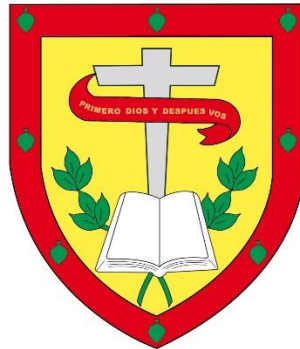
AUTOR: FRANCISCO SEBASTIÁN OCHOA SOLANO

DIRECTOR: CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS

CUENCA-ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**VALIDACIÓN DEL INVENTARIO DE USOS DE AGUA EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO RIRCAY**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: FRANCISCO SEBASTIÁN OCHOA SOLANO

DIRECTOR: CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS

CUENCA-ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Francisco Sebastián Ochoa Solano portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106818974**. Declaro ser el autor de la obra: “**VALIDACIÓN DEL INVENTARIO DE USOS DE AGUA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO RIRCAY**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **20 de abril de 2022**



F:.....

Francisco Sebastián Ochoa Solano

0106818974

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Francisco Sebastián Ochoa Solano, bajo mi supervisión.



Carlos Marcelo Matovelle Bustos
DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado con todo el cariño y respeto a mi abuelito Luis Darío Solano Ordoñez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres Jenny y Ramiro, quienes me han brindado todo el cariño y apoyo necesario para completar esta etapa tan importante de mi vida y siempre estar presentes.

A la Universidad Católica de Cuenca y a todos los docentes quienes fueron los mejores guías en esta etapa académica impartiendo sus experiencias y conocimientos con gran honestidad y sabiduría, especialmente quiero agradecer a mi tutor el Ingeniero Carlos Matovelle por su experiencia, paciencia y apoyo incondicional.

Un agradecimiento especial de todo corazón al Ingeniero José Luis Solano por siempre estar presente y ser un ejemplo a seguir y a Juan José Solano por brindarme su tiempo y apoyo en la realización de esta tesis.

A todos mis familiares y amigos por estar siempre a mi lado en toda ocasión.

RESUMEN

En el presente estudio de investigación se presenta los resultados de la validación de los puntos de dotación de agua otorgados por la ex Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) dentro de la subcuenca Rircay. El proceso se realiza mediante la aplicación de estudios estadísticos de los datos existentes en los puntos de dotación, con la finalidad de asegurar una gestión efectiva de los recursos hídricos dentro de la subcuenca con información actualizada. Para este proceso se dividió a la subcuenca en tres secciones (alta, media y baja), se validó en campo, información acerca de usos de agua, caudales, fuente, entre otros, dando como resultado que más de un 50% de información errónea en el inventario, principalmente en los apartados de tipo de riego, uso específico del agua, coordenadas y área regada. Además, se estableció una marcada correlación entre los usos de suelo y usos de agua dentro de la subcuenca, especialmente los de pastizal con riego; estos resultados permitirán a las autoridades manejar el agua de manera sustentable tanto económica como ambientalmente con datos estadísticos nuevos y actualizados.

Palabras clave: Validación, subcuenca, Rircay, puntos de dotación, correlación.

ABSTRACT

The following research study presents the validation results of the water allocation points provided by the former National Water Secretariat (SENAGUA by its Spanish acronym) in the Rircay subwatershed. The process is carried out by applying statistical studies of existing data at the points of water supply to ensure effective management of water resources within the subwatershed with updated information. For this process, the subwatershed was divided into three sections (high, medium, and low), and information on water use, flow rates, and source, among others, was validated in the field. It resulted in more than 50% of erroneous information in the inventory, mainly in the irrigation type section, specific water use, coordinates, and irrigated area. In addition, a strong correlation was established between land uses and water uses within the subwatershed, especially those of pasture with irrigation; these results will allow the authorities to manage water economically and environmentally sustainable with new and updated statistical data.

Keywords: Validation, subwatershed, Rircay, water allocation points, correlation.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FORMULAS	X
LISTA DE ANEXOS	XI
CAPÍTULO I	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1 OBJETIVOS	- 3 -
1.1.1 General.	- 3 -
1.1.2 Específicos.	- 3 -
1.2 JUSTIFICACIÓN	- 3 -
CAPÍTULO II	- 5 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 5 -
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL USO DE AGUA	- 5 -
2.1.1 Privatización.	- 5 -
2.1.2 Contaminación del agua.	- 6 -
2.1.3 Funciones y aportes de una cuenca hidrográfica.	- 6 -
2.1.4 Importancia socioeconómica.	- 7 -
2.2 RECURSOS HÍDRICOS	- 8 -
2.2.1 Ciclo hidrológico.	- 8 -
2.2.2 Recursos hídricos en el Ecuador.	- 8 -
2.3 PROBLEMAS EN EL ÁMBITO HIDROLÓGICO	- 9 -
2.3.1 Problemática del uso de agua.	- 9 -
2.3.2 Problemas de variabilidad de caudales y disminución de la calidad del agua.	- 9 -
2.3.3 Variabilidad del recurso hídrico	- 9 -
2.4 OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA	- 10 -
2.4.1 Calidad de las aguas.	- 10 -
2.4.2 Demandas de uso	- 11 -
2.4.3 Caudal ecológico.	- 11 -
2.5 USOS DE SUELO	- 11 -
2.5.1 Cobertura de suelo en la subcuenca Rircay	- 12 -
2.5.2 Desarrollo rural.	- 12 -
2.5.3 Conservación de suelos.	- 12 -
2.5.4 Agricultura.	- 12 -
2.5.5 Ganadería.	- 12 -
2.6 INVENTARIO HÍDRICO	- 13 -
2.6.1 Importancia del inventario hídrico.	- 13 -
2.6.2 Función del inventario hídrico.	- 13 -
2.6.3 Validación del inventario hídrico.	- 14 -

2.6.4	<i>Uso del agua según necesidades.</i>	- 14 -
2.7	MÉTODO DE RUPTURAS NATURALES (JENKS).	- 15 -
2.8	TEOREMA DE LIMITE CENTRAL.	- 15 -
2.9	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON Y COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN O R^2 .	- 15 -
2.10	SEGURIDAD HÍDRICA.	- 16 -
CAPÍTULO III		- 17 -
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	- 17 -
3.1	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA	- 17 -
3.2	ZONA DE ESTUDIO	- 18 -
3.3	ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS	- 19 -
3.3.1	<i>Calculo de población</i>	- 20 -
3.4	DETERMINACIÓN DE CONCESIONES	- 20 -
3.4.1	<i>División de la subcuenca.</i>	- 21 -
3.4.2	<i>Selección de las concesiones a validar.</i>	- 24 -
3.5	FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	- 25 -
3.6	VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN	- 25 -
3.7	CORRELACIÓN DE USOS DE AGUA CON USOS DE SUELO.	- 26 -
3.7.1	<i>Coficiente de Relación de Pearson.</i>	- 27 -
3.7.2	<i>Coficiente de determinación o R^2.</i>	- 27 -
CAPÍTULO IV		- 28 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 28 -
4.1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE USOS DE AGUA	- 28 -
4.1.1	<i>Resultados de población propicia.</i>	- 34 -
4.2	RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN DEL INVENTARIO	- 35 -
4.2.1	<i>Contaminación y accesibilidad en las concesiones.</i>	- 36 -
4.2.2	<i>Concesiones con inconsistencias, validadas según alturas de la subcuenca Rircay.</i>	- 38 -
4.2.1	<i>Porcentaje de datos correctos e incorrectos de acuerdo a las alturas de la subcuenca Rircay.</i>	- 39 -
4.2.2	<i>Porcentaje de error en las concesiones validadas de la subcuenca Rircay.</i>	- 41 -
4.2.3	<i>Porcentaje general de datos validados dentro de la subcuenca Rircay.</i>	- 44 -
4.2.4	<i>Mapas comparativos luego de la validación</i>	- 44 -
4.3	CORRELACIÓN DE USOS DE AGUA CON USOS DE SUELO.	- 46 -
4.3.1	<i>Coficiente de Relación de Pearson.</i>	- 47 -
4.3.2	<i>Coficiente de determinación o R^2.</i>	- 48 -
CAPÍTULO V		- 50 -
5.	CONCLUSIONES	- 50 -
CAPÍTULO VI		- 52 -
6.	RECOMENDACIONES	- 52 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		- 53 -
ANEXOS		- 57 -

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Diagrama de flujo de la metodología de investigación.....</i>	- 17 -
<i>Figura 2: Mapa de las subcuena hidrográfica del Jubones.....</i>	- 19 -
<i>Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de división de la subcuena.....</i>	- 21 -
<i>Figura 4: Modelo digital de terreno para la subcuena Rircay.</i>	- 22 -
<i>Figura 5: Especificidades del Método de Jenks empleados para la división.</i>	- 22 -
<i>Figura 6: Reclasificado de la subcuena Rircay con sus divisiones.</i>	- 23 -
<i>Figura 7: Divisiones altitudinales de la subcuena Rircay.</i>	- 24 -
<i>Figura 8: Número de concesiones por cada división dentro de la subcuena.</i>	- 25 -
<i>Figura 9: Toma de datos en campo.</i>	- 26 -
<i>Figura 10: Resultado de las concesiones a validar.</i>	- 36 -
<i>Figura 11: Gráfico de porcentaje de vías de acceso a las concesiones.</i>	- 37 -
<i>Figura 12: Gráfico de porcentajes de contaminación en las concesiones.</i>	- 37 -
<i>Figura 13: Gráfico de concesiones con inconsistencias, validadas en función de las alturas de la subcuena.</i>	- 38 -
<i>Figura 14: Gráfico de porcentajes de datos correctos e incorrectos en la subcuena alta.</i>	- 40 -
<i>Figura 15: Gráfico de porcentajes de datos correctos e incorrectos de la subcuena media.</i>	- 40 -
<i>Figura 16: Gráfico de porcentajes de datos correctos e incorrectos de la subcuena baja.</i>	- 41 -
<i>Figura 17: Gráfica de porcentajes de error en las concesiones validadas de la subcuena.</i>	- 42 -
<i>Figura 18: Gráfico de porcentajes generales de datos validados dentro de la subcuena.</i>	- 44 -
<i>Figura 19: Mapa de ubicación de usos de agua a validar.</i>	- 45 -
<i>Figura 20: Mapa de ubicación de usos de agua validados.....</i>	- 45 -
<i>Figura 21: Gráfico de correlación de usos de suelo con usos de agua en la subcuena Rircay.....</i>	- 47 -
<i>Figura 22: Gráfica de diagrama de dispersión del Coeficiente de Relación de Pearson. .-</i>	- 48 -
<i>Figura 23: Gráfica de diagrama de dispersión de coeficiente de determinación o R².....</i>	- 49 -
<i>Figura 24: Gráfico de variables de correlación de usos de agua y suelo en la subcuena Rircay.....</i>	- 49 -

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tipos de usuarios con sus códigos.</i>	- 29 -
<i>Tabla 2: Tipos de fuentes de la subcuenca.</i>	- 30 -
<i>Tabla 3: Usos y aprovechamientos de agua en la subcuenca.</i>	- 31 -
<i>Tabla 4: Usos de agua y usos específicos.</i>	- 32 -
<i>Tabla 5: Tipos de ganadería a lo largo de la subcuenca.</i>	- 33 -
<i>Tabla 6: Tipos de riego y su área total regada.</i>	- 33 -
<i>Tabla 7: Resultados de la población propicia para aprovechamiento de caudal.</i>	- 35 -
<i>Tabla 8: Comparación de los apartados de tipo de riego en las concesiones originales en contraste con las concesiones validadas.</i>	- 43 -
<i>Tabla 9: Caudal promedio para las nuevas áreas en la subcuenca.</i>	- 43 -
<i>Tabla 10: Tabla de relación de concesiones validadas y sin validar con respecto al uso y aprovechamiento del agua.</i>	- 46 -
<i>Tabla 11: Tabla de resultados del coeficiente de relación de Pearson dado por Excel.</i>	- 48 -

LISTA DE FORMULAS

<i>Formula 1: Cálculo de la población propicia.....</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Formula 2: Coeficiente de relacion de Pearson.....</i>	<i>- 27 -</i>

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1:** *Formato de ficha de información para la validación del inventario.* _____ - 57 -
Anexo 2: *Registro fotográfico.* _____ - 59 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los inconvenientes que causa gran preocupación a nivel mundial es la contaminación, desperdicio y uso inadecuado del agua; los gobiernos de diferentes países hacen todo lo posible para concienciar a los ciudadanos para que la gestión y manejo del líquido vital llegue a más personas; los acuerdos, leyes, reglamentos y ejemplos no son suficientes para lograr un cambio de mentalidad en los individuos, por ello es necesario que se dé a conocer por diferentes medios y estudios, información que permita acercarnos al uso, disponibilidad, calidad, extensión, propagación, demanda y aprovechamiento específico para cuidar de su calidad y cantidad.

El agua al ser un recurso no renovable y el de mayor importancia para el sustento de la vida, requiere un cuidado especial, por ello se busca obtener la información necesaria sobre los procedimientos que confieran un manejo adecuado de los recursos hídricos, procedimientos que presenten alternativas socioeconómicas y ambientales viables, que permitan aprovechar de manera racional el agua y ayuden a mitigar y reducir su vulnerabilidad.

El Ecuador cuenta con los recursos hídricos suficientes para abastecer a la población, pero los procesos industriales y las actividades agrícolas desencadenan el deterioro de las fuentes hídricas dando como resultado la disminución en la calidad y cantidad de este recurso, por lo tanto nos vemos en la obligación de organizar la explotación y conservación con una gestión integral, asegurando así que el agua esté disponible para generaciones futuras (Senplades, 2009).

Para manejar adecuadamente el recurso hídrico es necesario tomar en cuenta los inventarios de usos de agua, a los que se les define como: “la estimación cuantitativa, la localización y la distribución temporal de escorrentías y aportaciones” (Limonés et al., 2013). La importancia de realizar un inventario de usos de agua está en permitir un mejor manejo y aprovechamiento del recurso hídrico, constituyendo una labor básica y de sustancial importancia en el conocimiento del recurso; la falta de este o el desconocimiento de la calidad del agua prioriza la necesidad de conocer la condición de degradación en una cuenca o subcuenca hídrica, así como también realizar una red de monitoreo de calidad (Cárdenas & Neira, 2008).

Un sistema hidrográfico que cuenta con un inventario completo y actualizado puede ser capaz de frenar la desvalorización y el deterioro del agua y cuenta con la información suficiente para crear propuestas y planes de gestión eficientes y eficaces para su manejo, se debe tomar en cuenta que para lograr una gestión adecuada es necesario conocer cada uno de los pormenores de las fuentes, su distribución espacial, las características físicas y químicas y el aprovechamiento que se está dando al recurso hídrico

Gran parte de las cuencas hidrográficas del Ecuador cuentan con un inventario hídrico, el problema de estos es que no se encuentran actualizados, por lo tanto, es necesario realizar validaciones para asegurar la veracidad y condición de la información para así poder ser

aprovechados con mayor eficiencia. En esta investigación se realizó la validación del inventario de usos de agua de la subcuenca del río Rircay, buscando demostrar el grado de cumplimiento de las especificaciones establecidas dentro del inventario en relación con la realidad en campo; los datos que han sido considerados dentro del presente trabajo fueron proporcionados por la entidad SENAGUA, misma que fue responsable de inventariar las fuentes hídricas dentro de la subcuenca en el año 2015.

La subcuenca del río Rircay es parte de la Cuenca Jubones y ocupa el 19,5% de superficie de esta, posee una extensión de 83.070.14 ha. En esta zona se encuentran los cantones Girón, Santa Isabel y San Fernando, como los de mayor importancia por su extensión, cuentan con la afluencia de los ríos San Francisco y el río Rircay, estos inician su trayecto desde los altos paramos, en su travesía el caudal crece por la presencia de riachuelos y vertientes, brindando apoyo en actividades productivas dentro de la subcuenca (Bravo & Zhumi, 2012) La principal actividad económica de la zona es la agricultura, por lo que la mayor parte del agua está destinada al riego.

Al ser considerada una zona agrícola, un problema relevante a destacar es la carencia de agua para riego, principalmente en el cantón Girón, debido al reducido caudal que no abastece a una zona tan amplia, a este inconveniente se le suma que sus pobladores dedican parte de sus terrenos a la ganadería y comercialización de lácteos; a ello se debe agregar el uso doméstico, lo que justifica la revisión y validación del inventario hídrico existente.

Por lo expuesto, se determina que una de las causas de mayor contaminación en esta subcuenca proviene de los desechos agropecuarios y orgánicos, produciendo un nivel alarmante de polución en las fuentes de agua, y al ser la subcuenca del río Jubones una de las de mayor extensión, su aporte económico tiene gran relevancia para el Ecuador; en consecuencia es necesario ejecutar un mayor control y regulación de su uso para garantizar una armonía eco sistémica y la posibilidad de obtener una seguridad hídrica.

Se puede decir entonces que el cambio climático, la expansión demográfica y las actividades antrópicas han llevado a afectar la morfología y las características físicas y químicas en los caudales del agua, deteriorando la cantidad destinada para las zonas de riego o para la alimentación de la población de la zona, en función de lo que se comprobará si existe una discrepancia entre los datos inventariados y la realidad que se vive en este sector.

La validación del uso de recursos hídricos que componen la subcuenca del río Rircay, permitirán a los entes gubernamentales y a las organizaciones responsables del cuidado del agua, administrar de manera adecuada las concesiones que pudieron haber cambiado, debido a fenómenos antrópicos o naturales, garantizando, de este modo el cuidado, mantenimiento, rehabilitación, regulación y distribución de este recurso para el uso de las distintas actividades que se puedan desarrollar en esta zona. (Fajardo, 2010).

El presente estudio propone realizar una validación de datos procesados en años anteriores, los mismos que brindan información de la calidad y cantidad de los recursos hídricos, así como sus

usos y aspectos sociales que influyen en la subcuenca, con la finalidad de mejorar y asegurar un uso adecuado de estos mediante un correcto diseño de planes hídricos, una administración coherente y un uso eficiente y equitativo.

La validación se realizó mediante el procesamiento de datos, previamente recolectados e impartidos por la es Secretaría Nacional del Agua SENAGUA, con la ayuda del Sistema de Información Geográfico ArcGis, en donde se encuentra tabulada la información; una vez concluido el procesamiento, se tomaron datos de campo corroborando los datos del inventario original, y a partir de estos resultados; se realizaron correlaciones con la información de uso de suelo y agua en función de lograr una confirmación de que el uso de agua es correcto y asegurar un manejo integral, tener la información suficiente para determinar si existe una relación entre el uso de agua y los caudales para brindar la cantidad de agua propicia para los habitantes.

1.1 Objetivos

1.1.1 General.

Validar el inventario de usos de agua en la Subcuenca del río Rircay mediante el estudio estadístico de los datos existentes en los diferentes puntos de dotación y la observación en campo, con el fin de asegurar la gestión sostenible del recurso hídrico.

1.1.2 Específicos.

Analizar y esquematizar el inventario de usos de agua de la subcuenca, obtenido previamente por la autoridad competente, usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Verificar que el inventario hídrico de la subcuenca del río Rircay cumpla con lo establecido tanto en el campo como en los datos procesados.

Correlacionar los usos de agua presentes en el inventario hídrico con las actividades de uso de suelo que se realizan en la zona de estudio.

1.2 Justificación

En varias actividades que realiza el hombre se ve involucrado el recurso hídrico; el manejo inadecuado del mismo, su desperdicio, contaminación o mal uso en general son problemas que afectan a toda la población; este recurso tiene diferentes usos a lo largo de la subcuenca del río Rircay, el problema radica en que no se conoce a ciencia cierta si la población que aprovecha el agua para sus actividades diarias, está al tanto de los procesos a tomar en cuenta para lograr un aprovechamiento sostenible.

Un inventario actualizado es idóneo para conocer la disponibilidad del recurso hídrico, al brindar conocimiento acerca de la situación actual del agua para alcanzar un aprovechamiento adecuado, según la Comisión de cuencas e inventarios, (2005), inventariar los usos de agua ayuda a establecer un diagnóstico exhaustivo del recurso hídrico, ya que presenta información suficiente para mitigar,

prevenir y reducir vulnerabilidades ante actividades antropológicas y peligros naturales, además de brindar una posición de conocimiento de las complejas relaciones en las que se ven involucrados los usuarios que disponen del agua superficial y subterránea de la subcuenca, contribuyendo a optimizar el uso del agua en actividades como el riego, garantizando un aprovechamiento eficiente y racional en cada una de las partes de la subcuenca; la validación permite eliminar redundancias en la información y datos erróneos que se pueden encontrar dentro del inventario original, pero sobretodo la validación está encaminada a servir de apoyo a la gestión del agua mediante la clasificación de las concesiones, evaluación de eventos extremos, actualización de la información, entre otras (Limonés et al., 2013).

Teniendo en cuenta que el agua no está distribuida equitativamente y que interviene en varios procesos, surge la importancia de establecer cómo se manejara el recurso a lo largo del espacio y el tiempo (Senplades, 2009). La subcuenca, al comprender cuatro cantones, incide en una gran extensión de espacio geográfico, y ya que muchas de las personas que residen a los alrededores precisan del agua para sus actividades económicas y personales como: alimentación e higiene, es necesario tener una idea de cuánto se abastece, cómo y en qué circunstancias, para así obtener una seguridad hídrica que pueda ser aprovechada para mejorar las condiciones de uso de agua y potenciar las actividades de la población.

“La evaluación de la cantidad y calidad de agua disponible es un prerrequisito para el desarrollo y administración del recurso hídrico”. Resulta imposible determinar, gestionar y planificar el aprovechamiento del agua si no se tiene la información necesaria (Comisión de cuencas e inventarios, 2005). La validación de un inventario de usos de agua no resulta en una tarea extremadamente compleja y su resolución conduce a la seguridad hídrica y con ello la posibilidad de realizar análisis de calidad de agua, diseñar planes hidrológicos, administrar de manera adecuada mediante nuevas estrategias, asegurar que el recurso se use eficazmente y se incorpore imparcialmente a los usuarios.

Al momento de trabajar con una base de datos pública, entiéndase base de datos como el inventario en sí, el proceso adquiere una connotación de carácter científica y práctica, pues se dispone de documentación que será validada, optimizada y servirá de insumo para generar estrategias que permitan generar un mejor manejo del recurso. Se dispone los puntos de dotación de agua georreferenciados, además de características específicas como el tipo de uso autorizado, el caudal y el año en el que se entrega la concesión de agua. Por todo lo expuesto no solo existe una gran viabilidad en el tema propuesto si no que el producto servirá para el uso específico del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación actual del uso de agua

El agua es un derecho humano fundamental, está presente en varias de las actividades que realizamos en nuestro diario vivir, se encuentra en el consumo doméstico, público, la ganadería, agricultura, industria, como vía de comunicación e incluso como fuente de energía, se puede distinguir una variedad de usos y usuarios del agua a lo largo de las microcuencas del Ecuador, principalmente se emplea para el consumo humano: alimentación, consumos domésticos, actividades recreativas y procesos productivos, pero, en las subcuencas, y debido al volumen de estas, el agua es utilizada en su mayoría para el riego y la ganadería (Mirassou, 2009).

Dentro de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del Ecuador, se establece en su Sección II, Art. 86: En cuanto a los diferentes destinos o funciones del agua, se dispondrán en la siguiente jerarquía: Consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas (LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014). Esta ley establece destrezas que sirvan para la regulación y el aprovechamiento del agua, enfatizando el recurso hídrico como un bien nacional y de uso público excluyendo cualquier tipo de privatización, además señala que el recurso hídrico, para ser usado en cada uno de los destinos antes mencionados, deberá ser proporcionado por el estado por medio de concesiones, siendo entonces el consumo humano la principal función y uso del agua.

La subcuenca del río Rircay cuenta con un inventario de 182 sistemas hídricos, de los cuales 109 sistemas son destinados para el riego y 73 para agua de consumo (Martínez, 2012).

2.1.1 Privatización.

“El agua en el Ecuador se reparte por el estado, por medio de concesiones, tanto a empresas públicas y privadas, personas naturales y asociaciones” (Fajardo, 2010).

En la historia del país, se presentaba un patrón de apropiamiento del recurso hídrico, las leyes de antaño escudaban la privatización de los servicios de agua potable de las empresas, afortunadamente, los procesos de organización y movilización social lograron detener esta privatización y se afrontaron cambios constitucionales, los que sirvieron como el cimiento para los procesos de reforma del país (Núñez, 2018). Con el cambio de la Constitución en el 2008 se reconocieron los derechos tanto de la naturaleza como del agua, excluyendo la privatización de este recurso y concediéndole un manejo público y comunitario (Acosta & Martínez, 2010).

2.1.2 Contaminación del agua.

La contaminación del agua es una realidad que se establece alrededor de todo el mundo, el manejo inadecuado, el crecimiento demográfico, el intenso consumismo, los procesos de agricultura y ganadería, entre otros factores, son los causantes de la degradación del recurso hídrico, mismo que es considerado un fenómeno ambiental, económico y social (Isch et al., 2011); debido a que el agua es el sustento de vida, es necesario manejarla de manera adecuada y consiente, tratando de asegurar la riqueza y abundancia del recurso, el cual será utilizado tanto por las generaciones presentes como las futuras.

La contaminación de recursos hídricos puede ser definida como la variación de la calidad por la presencia de uno o varios componentes ajenos a su composición natural, que la vuelve parcial o completamente impropia para el uso a la que estaba destinada; según Fajardo, (2010), en cuanto a la calidad del agua en la subcuenca del Rircay, se puede notar un gran nivel de contaminación tanto dentro y fuera de las fuentes de agua, por contaminantes derivados principalmente de los residuos agropecuarios, especialmente pesticidas, por desechos inorgánicos, desechos orgánicos y por la presencia de minería.

2.1.3 Funciones y aportes de una cuenca hidrográfica.

Las cuencas hidrográficas son los principales sistemas de aporte de agua para la función de actividades a lo largo de todo el Ecuador, dentro de estas coexisten componentes biofísicos, socioeconómicos, hidrológicos, ecológicos entre otros; son indispensables debido a los aportes de agua para llevar a cabo acciones como la agricultura y ganadería, pero sobre todo para el consumo humano.

Una cuenca hidrográfica es un componente fundamental en el abastecimiento de recurso hídrico y además satisface las diversas necesidades de los usuarios, Rendón & Hidalgo, (2003) asegura que sus aportes más significativos son los siguientes:

- a) **Abastecimiento de agua dulce:** los procesos naturales de filtración que se producen en la cuenca, a través de sus interacciones, favorecen a la captación de agua.
- b) **Regulación de la cantidad de agua:** de vez en cuando, el caudal alimenta zonas pantanosas propiciando que el agua fluya más lentamente en temporada de lluvias permitiendo ampliar el periodo de disposición de agua en épocas secas.
- c) **Regulación climática:** para obtener efectos climáticos positivos a pequeña y gran escala, las cuencas preservan sistemas hidrológicos naturales como bosques, pantanos y humedales.

En cuanto a sus funciones, se dividen en cuatro y son las siguientes:

- a) **Función ambiental:** son sumideros de CO₂, regulan la carga hídrica y conservan la biodiversidad.

- b) **Función ecológica:** dota de hábitats para la flora y fauna y también ofrece diversidad de sitios y rutas en las cuales se dan interacciones físicas y químicas significativas en el agua.
- c) **Función hidrológica:** descarga, almacenamiento y captación de agua.
- d) **Función socioeconómica:** suministro de recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas (Ordóñez Gálvez, 2012).

2.1.4 Importancia socioeconómica.

De acuerdo a todo lo establecido anteriormente, podemos recalcar que las cuencas aportan significativamente al ser humano económica y ambientalmente; sirven de reservorios de agua que son utilizados por los individuos, no solo para abastecer el consumo personal, sino también para llevar a cabo actividades de producción que dan sustento económico a la población, originando trabajo como en la agricultura, se puede aprovechar para la generación eléctrica, transporte, entre otras muchas funciones que aportan económicamente a comunidades para alcanzar un bienestar colectivo. El aporte que brindan algunas cuencas hidrográficas a ciertas actividades comerciales es de características incomparables debido a la dependencia del aporte del mar.

Las cuencas hidrográficas tienen varias funciones y difieren según su uso o actor pero principalmente se aprovechan para el abastecimiento de agua potable, riego y navegación, su importancia proviene de los beneficios que obtienen las personas por el uso de los recursos que brinda una cuenca, siendo estos directos como el consumo de agua, la obtención de productos madereros y la pesca o beneficios indirectos como el turismo, los espacios naturales recreativos y el transporte del agua, además de aprovechamientos indirectos obtenidos por las funciones protectoras de la cuenca en cuanto al control de los deslizamientos de tierra y la deposición de sedimentos aguas abajo, “una cuenca hidrográfica administrada correctamente es capaz de salvaguardar las propiedades cercanas a la zona y la actividad económica ubicada en la parte baja de la misma de inundaciones y desprendimientos de tierra” (CONAF, 1998); cabe destacar el valor de los usos no directos, enfocados en el contexto ecosistémico y su contribución patrimonial, cultural y la diversidad biológica presente.

Las cuencas aportan significativamente no solo a la economía de las poblaciones sino a su protección en ámbitos de prevención, conservación de suelos y resguardo frente a sedimentaciones e inundaciones, por lo que su valoración económica es de suma importancia, con ella se logra ayudar a formular políticas y cuantificar la relevancia de los sistemas hidrológicos naturales y adoptar medidas para explotarlos de manera consciente, preservando y aumentando el rendimiento económico de los bienes y servicios proporcionados (Goldberg, 2007).

Económicamente las cuencas brindan grandes aportes a la sociedad, generando bienes y servicios, recientemente se ha dado mayor atención a los beneficios sin valor mercantil, como la destreza de los bosques para mitigar los impactos del calentamiento global, el potencial turístico y la aptitud de suministrar especies para el desarrollo industrial y la investigación (CONAF, 1998).

Según Gómez, (2011), los principales aprovechamientos económicos de una subcuenca vienen de la pesca, la agricultura, la siembra y riego, extracción de madera y aporte de agua potable; gestionar estos usos de manera integral permitirá mejorar sustancialmente la calidad de vida de la población que habita y precisa de los recursos presentes en la cuenca, para ello es necesario entender que los estudios acerca de la valoración y los usos del agua son de vital importancia. Muchos de los problemas de la degradación de la subcuenca se dan por el desgaste de la cobertura vegetal y mal manejo de usos de suelo, sobre poblando zonas inestables, acabando con la capacidad de carga de la cuenca logrando desvalorizar sus beneficios y creando conflictos en la misma.

2.2 Recursos hídricos

Los recursos hídricos son riquezas naturales, para el aprovechamiento público que sirven para abastecer y compensar los requerimientos vitales de los seres humanos, se pueden dividir en dos tipos diferentes (SUIA, 2016):

- a) Recursos hídricos superficiales:** agua que se encuentra en ríos, lagos y otros cuerpos superficiales resultantes de las precipitaciones.
- b) Recursos hídricos totales:** aguas superficiales y subterráneas resultado de las precipitaciones locales.

2.2.1 Ciclo hidrológico.

El agua, al igual que varios elementos del planeta Tierra como el carbono y el nitrógeno, cuenta con su ciclo particular. El ciclo hidrológico hace referencia a la circulación general del agua en la tierra y se define como la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmosfera a la tierra y volver a la atmosfera: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y re evapotranspiración (Aranda, 1984), gracias a todos estos procesos es que se origina la formación de una cuenca.

2.2.2 Recursos hídricos en el Ecuador.

Los recursos hídricos en el Ecuador son variados y están distribuidos espacialmente a lo largo de las regiones geográficas, con los que cuenta el país, gracias a las diversas condiciones climáticas, físicas y químicas podemos contar con una excepcional proporción de agua que abastece y satisface las exigencias humanas.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del Ecuador, en el Capítulo 1, Art 10, en cuanto al dominio hídrico público, reconoce los siguientes elementos naturales; ríos lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales; el agua subterránea; los acuíferos a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos; las fuentes de agua; los alveolos o cauces naturales de una corriente continua o discontinua; los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales; las riberas; la conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras; los humedales marinos y costeros; las aguas

procedentes de la desalinización de agua de mar (LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014).

2.3 Problemas en el ámbito hidrológico

2.3.1 Problemática del uso de agua.

La problemática general del recurso hídrico, que se encuentra en cualquier espacio geográfico con facilidad de acceso al agua, es resumida por Martínez, (2012) en 4 ejes distintos:

- a) La disminución del agua en cantidad y calidad para el consumo humano y de riego.
- b) El interés de los grupos de poder para privatizar el líquido vital y obtener ganancia con ello.
- c) Desde diferentes sectores y movimientos sociales se han planteado propuestas para que el manejo del agua sea dado de manera equitativa y organizada, considerando su importancia en el consumo humano y el riego.
- d) El Ecuador al contar con varios recursos hídricos está en la mira de organismos multinacionales que desean convertir el agua en una fuente de ingreso económica.

En los últimos tiempos no se ha elaborado un diagnóstico certero del uso que se está dando a la subcuenca del río Rircay, el recurso hídrico se expone a que cualquiera de las problemáticas citadas se rija sobre este, afectando a las personas que subsisten con los abastecimientos que les proporciona la subcuenca, alterando tanto su economía como su salud.

2.3.2 Problemas de variabilidad de caudales y disminución de la calidad del agua.

Existen diferentes afecciones que puedan llegar a causar una variabilidad en el comportamiento natural de un caudal, entre las que se puede citar, las acciones antrópicas, el cambio de clima, el tiempo, agricultura y ganadería, precipitaciones y sequías. Los cambios en los caudales pueden afectar directamente a la recolección del agua para las actividades de una zona, estos pueden variar dependiendo de la época en la que se encuentre, aportando en mayor o menor cantidad de agua al sistema hídrico al que corresponda.

La disminución de los caudales está ligada a la variabilidad en la calidad del agua debiendo considerar el cambio climático, las actividades antrópicas, la disminución en la calidad del agua por la adición de componentes ajenos a la composición natural del agua, afectando sus componentes y por lo tanto deteriorando el recurso y la finalidad para la que se iba a utilizar.

2.3.3 Variabilidad del recurso hídrico

La temperatura, el nivel del mar y la variabilidad de las precipitaciones, son las formas en las que se nota los impactos de los cambios climáticos en los sistemas de agua; a más de afectar la función y operación de las infraestructuras hídricas, así como las prácticas de gestión integral, la estacionalidad en el flujo de aquellas cuencas cuyo incremento del caudal está influido por las precipitaciones así se registraran épocas húmedas y caudales mínimos dependiendo de la duración

de los períodos secos o de grandes precipitaciones. “Por esto es fundamental contar con un modelo de gestión de recursos hídricos diseñado para enfrentar los extremos asociados con el cambio climático y la variabilidad que de él se derivan” (M. C. García et al., 2012).

2.4 Oferta y demanda hídrica

El agua cumple un importante papel en los seres humanos, conocido este recurso también como líquido vital, por su uso en la preparación de los alimentos o como parte de un producto dentro de diferentes sectores socioeconómicos, por ello es necesario conocer acerca de la producción hídrica que abastece a cierta área y como con ello se satisface o se utiliza en temas relacionados con lo económico, cultural y social dentro de un grupo humano.

La oferta hídrica entonces se podría definir como: “el volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre” (Vela, 2008), se puede estimar cuantificando el caudal superficial, siempre y cuando partamos del balance hídrico que exista en la subcuenca; en otras palabras, la oferta hídrica es la cantidad de agua precipitada dentro de una cuenca hidrográfica y la función que ha cumplido con su evapotranspiración.

El agua proveniente de la atmosfera (lluvias, nieve, rocío), el agua de la superficie terrestre y la que proviene de los ríos son consideradas las principales ofertas hídricas naturales que se pueden encontrar.

En la LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, (2014), la demanda hidrológica se define como: “cantidad de agua prevista para su distribución a usuarios en periodos de tiempo determinados para usos específicos y a un precio dado”. En resumen, la demanda hídrica, es la cantidad necesaria para sustentar la vida, la alimentación y la producción, que satisface las necesidades poblacionales.

Toda comunidad tiene una demanda hídrica actual, de ahí la importancia o jerarquización, que se de en el uso del agua dependerá de las necesidades elementales de la sociedad y su cultura, a más de la distribución que se haga de este recurso. (Vela, 2008).

2.4.1 Calidad de las aguas.

En la calidad del agua y su composición influye una serie de factores, como la geoquímica de la cuenca hidrográfica con su régimen hidrológico y las características hidráulicas del sistema fluvial, además las actividades antropogénicas provenientes de fuentes puntuales y difusas se han tornado en actividades que reducen la calidad de las aguas en la sociedad moderna. Para la población humana esta alteración puede traer consecuencias nefastas ya que estas dependen de este recurso para multitudes de actividades (Debels et al., 2006).

Se denomina calidad del agua a las cualidades físicas, químicas y biológicas que son parte del recurso hídrico y su calidad puede variar en el tiempo, espacio y en las necesidades científicas o sociales que se pueden establecer; el componente físico consiste en mediciones físicas que

describen el hábitat acuático y su variabilidad temporal y espacial, Los datos químicos comprenden análisis de agua filtrada o cruda (sin filtrar), partículas, tejidos de la biota u organismos enteros para componentes orgánicos e inorgánicos y el componente biótico se encarga de las mediciones de los organismos acuáticos (Meybeck et al., 2005).

La calidad del agua en la subcuenca del Rircay sufre alteraciones por los componentes químicos provenientes de los pesticidas, usados en las actividades ganaderas y agrícolas predominantes de la zona, de este modo se afecta su calidad degradando el uso final al que se debe destinar.

2.4.2 Demandas de uso

Para la subcuenca del Rircay, como se mencionó previamente, las demandas de uso de agua están centradas en el agua para riego, debido a que en la mayor extensión de la subcuenca esta actividad económica es la que perdura, alrededor de 109 concesiones de agua se prestan para este servicio.

2.4.3 Caudal ecológico.

El caudal ecológico en ríos y humedales es el instrumento que permite un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, aquí se establece la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener sus componentes, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios en una sociedad (WWF, 2010). El caudal entonces permite asegurar el funcionamiento correcto de sus componentes y procesos en los sistemas acuáticos.

Para García & Gonzales, (1998) el caudal ecológico es el: "Caudal circulante por un cauce que fuese capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales".

En cuanto al Ecuador, la LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, (2014) estipula como caudal a: "la cantidad de agua, expresada en términos de magnitud, duración, época y frecuencia del caudal específico y la calidad del agua expresada en términos de rango, frecuencia y duración de la concentración de parámetros que se requieren para mantener un nivel adecuado de salud en el ecosistema".

2.5 Usos de suelo

La utilización de las tierras en el sector rural hace referencia al uso del suelo en el país, teniendo variadas opciones como: pastizal, vegetación arbustiva, cultivo, páramo, plantación forestal, vegetación herbácea, bosques, pastos naturales y otros usos. En la zona de estudio predominan el pastizal, la mayor parte del agua que se utiliza en la subcuenca está destinada al riego, Uno de los ecosistemas son los pastizales que se caracteriza por presentar una vegetación abierta donde se encuentran especies herbáceas y cuya producción primaria es aprovechada directamente por los herbívoros.

2.5.1 Cobertura de suelo en la subcuenca Rircay

Dentro de la cobertura que se encuentra en la subcuenca de Rircay esta: “la asociación de pastizal – cultivo en un 35.24%, páramo herbáceo en un 21.44%, vegetación arbustiva 15.64% matorral denso alto 10.33%, pasto cultivado 9.94% y matorral denso bajo en un porcentaje del 7.41%” (Martínez, 2012). En la subcuenca del río Rircay se identifica alta contaminación por uso de pesticidas, existencia de desechos orgánicos e inorgánicos y la presencia evidente del pastoreo de ganado en la zona.

2.5.2 Desarrollo rural.

El desarrollo rural es un proceso de transformación productiva e institucional en un espacio rural determinado, cuyo fin es reducir la pobreza rural (Schejtman & Berdegú, 2004), se entiende como las acciones o actividades que se realizan con la finalidad de mejorar la vida de las poblaciones rurales.

Los planes de desarrollo rural deben abarcar todo el territorio de cuencas y subcuencas para alcanzar el objetivo de mejora, si se adecúa correctamente al uso y se armoniza el suelo para mejorar su capacidad de producir alimentos.

2.5.3 Conservación de suelos.

La conservación del suelo es una actividad que asegura un manejo adecuado de este y mejora sus características tanto físicas como químicas, son labores que combinan obras agronómicas, de fertilidad y agroforestales, si se realiza la conservación de manera adecuada, por ejemplo aplicando la cantidad de justa de agua para riego, como en el caso del presente proyecto, se puede llegar a controlar la erosión, el uso de pesticidas, aprovechar el recurso hídrico mejorando la infiltración del agua y la fertilidad de los suelos para que estos tengan una producción asertiva.

2.5.4 Agricultura.

La agricultura se define como el manejo o cualquier actividad dedicada al suelo y la plantación y cosecha de vegetales. Estas actividades están orientados a la producción y obtención de alimentos, como frutas, cereales y plantas en general. La agricultura implica la transformación del medio ambiente para satisfacer las necesidades del hombre (Borja & Valdivia, 2002).

2.5.5 Ganadería.

Es una labor realizada con la finalidad de criar animales (vacas, cabras, etc.), para posteriormente obtener beneficios económicos de sus productos como la leche y carne. Se lleva a cabo en áreas de gran extensión, que tienen la condición, de ser ecosistemas naturales alterados por el ser humano para realizar pastoreo.

2.6 Inventario hídrico

Un inventario hídrico es una recopilación de la información de las concesiones que brindada por Estado para proveer de líquido vital a las diferentes zonas que se encuentran a lo largo de una cuenca o subcuenca hidrográfica, contiene la información del caudal de donde procede el agua y la cantidad necesaria que se provee para cierta actividad, nos da un registro en tiempo y espacio de todas las fuentes de agua y lo usos que se le da a cada una de ellas.

Es una investigación que abarca la participación de toda la comunidad científica y natural de la zona de estudio, proporciona información sobre las reservas y fuentes hídricas, usos de agua, oferta y demanda, contaminación y los conflictos que se pueden llegar a dar en las variadas concesiones, en general, brinda información sobre la realidad del recurso hídrico (Martínez, 2012).

2.6.1 Importancia del inventario hídrico.

Para desarrollar y administrar el recurso hídrico, es necesario evaluar de antemano la calidad y cantidad de agua disponible, si no se conoce a ciencia cierta el estado en el que se encuentra el agua, el manejo, planificación y gestión resultan en una tarea ardua y dificultosa.

Un inventario hídrico aporta en los planes y la regulación del recurso hídrico, contribuye con la información necesaria para diseñar planes hídricos, potencia la seguridad hídrica dentro de la subcuenca, con el registro de las fuentes hídricas se pueden concretar estrategias de protección, manejo, conservación y remediación del recurso hídrico, mejora la condición de vida de la población, ayuda a mejorar el tratamiento y mantenimiento que se le dé a las concesiones de agua de la cual se abastece la subcuenca y lo más destacable es que ayuda a determinar las condiciones actuales en las que se encuentran las fuentes hídricas de la subcuenca del Rircay.

2.6.2 Función del inventario hídrico.

Según la Comisión de cuencas e inventarios (2005) la realización de un inventario hídrico contribuye a:

- a) Articular en forma coherente la oferta y la demanda
- b) Ajustar y aplicar las estrategias para conservar y proteger el recurso
- c) Garantizar la cantidad y la calidad del recurso
- d) Mejorar las estrategias de intervención y gestión
- e) Garantizar un uso eficiente y racional del agua
- f) Promover un acceso y uso equitativo del agua
- g) Crear opinión pública sobre la calidad del agua y sus prioridades

Los inventarios deben ser capaces de dar a conocer de manera asertiva la forma en la que se maneja la oferta y la demanda existente del agua, con el fin de precautelar el equilibrio ambiental, atendiendo a la demanda social y los requerimientos económicos (Comisión de cuencas e inventarios, 2005).

2.6.3 Validación del inventario hídrico.

La información que ha sido recopilada por las diferentes instituciones debe ser georreferenciada y sistematizada, estos datos deben pasar por estándares de normalización y precisión concordando con las especificidades sistémicas del proyecto. También se deben definir el almacenamiento para el manejo de la información (CNRH et al., 2004).

Para la validación es necesario conocer de antemano todos los datos previamente estructurados de la zona de estudio, una vez tabulada y estudiada toda la información es posible determinar si la información cumple con los datos estipulados, si el caudal determinado en el inventario es el correcto y si este está siendo usado para su actividad fija (Martínez, 2012).

Para Martínez, (2012), aplicar una metodología de validación basada en los objetivos del International Rainwater Harvesting Alliance (IRHA) es la manera más propicia para gestionar un inventario, esta está basada en cinco etapas:

- a) **Etapa I revisión de información:** se analiza la información previamente levantada con la finalidad de determinar su utilidad y precisar si hace falta recolectar más
- b) **Etapa II socialización del IRHA:** se realizan talleres para informar a los actores y aclarar dudas acerca del IRHA con la finalidad de evitar confusiones
- c) **Etapa III constitución de gestión a nivel de la subcuenca:** se conforma un comité con el propósito de realizar un seguimiento de las actividades, facilitar vínculos, resolver problemas y establecer acuerdos con otras organizaciones en lo relativo al manejo de recursos naturales
- d) **Etapa IV levantamiento de información en campo:** se prepara al personal con la información que debe buscar en el campo, se divide la zona de elaboración del inventario, y se planifican las actividades de acuerdo a un cronograma; el levantamiento se realiza desde las fuentes hasta el final de las redes de uso y se basa en las fichas elaboradas por el IRHA
- e) **Etapa V análisis final:** los datos de campo y sus coordenadas se sistematizan en una base de datos y en mapas, para luego ser organizados en un nuevo sistema de información

2.6.4 Uso del agua según necesidades.

En el Ecuador, existe una gran variedad de usos para el recurso hídrico, principalmente el agua es empleada para el consumo humano, y procesos de producción, agricultura, ganadería, riego entre otras. En la subcuenca del río Rircay, la mayor parte del agua se utiliza para riego, debido a que los cultivos exceden la necesidad de recurso hídrico sobre otros propósitos. “El abastecimiento de agua se da por conducción directa desde su fuente, estos puntos abastecen de agua a una cantidad de familias, evidenciando una asociación formada por usuarios para gestionar el sistema hídrico” (PRONAMACHCS, 2000).

En varios casos, los sistemas de aprovechamiento hidráulico se fusionan para cubrir varios usos, así, el agua que se emplea para regar los cultivos también se usan para alimentación, generación energética, lavaderos, entre otras funciones, esto altera de manera negativa a la funcionalidad original para la que se establecen las concesiones de agua por los profesionales y afecta a la armonía y seguridad hídrica de la cuenca. Además de este problema se suman las nuevas demandas de usuarios ajenos a las comunidades, como la extracción de agua para fines industriales, tecnologías no tradicionales que usan grandes cantidades del recurso, aumento de la demanda por el creciente mercado internacional y actividades mineras.

Cada día es más notable la intensificación de la demanda por el agua, logrando que la oferta de la misma se vea afectada desfavorablemente, aunque esta sea difícilmente medible, por múltiples procesos de deterioro ambiental, como erosión, sobrepastoreo y quema (PRONAMACHCS, 2000).

2.7 Método de Rupturas Naturales (Jenks).

Es un método estadístico de clasificación espacial que establece clases lo más homogéneas posibles, de manera que disminuye la varianza de cada clase, obteniendo que estas presenten la máxima variabilidad entre ellas, constituyendo categorías bien diferenciadas unas de otras (Olaya, 2016), en palabras simples, el método minimiza la varianza dentro de una clase y maximiza la varianza entre las clases. Morejón & Sinchi, (2015) afirman que este método: “define grupos de clasificación a partir de puntos de rotura natural” por lo tanto este método determina grupos o clasificaciones a partir de rupturas naturales de terreno, con la finalidad de dividir espacios geográficos de una zona para facilitar su estudio.

2.8 Teorema de Limite Central.

El Teorema de Limite Central es una aplicación estadística mediante la cual, se establece que, si una muestra es lo suficientemente grande (cuando el tamaño muestral es mayor a 30 datos), sea la que sea su media muestral, esta seguirá una distribución normal (Guillén & Crespo, 2006). En palabras sencillas, este teorema indica que cualquier muestra o suma de variables con un tamaño de n mayor a 30 seguirá una distribución uniforme y no presentará datos atípicos.

2.9 Coeficiente de Correlación de Pearson y Coeficiente de Determinación o R^2 .

El Coeficiente de Correlación de Pearson permite determinar la autenticidad de una relación, la finalidad del mismo es medir la fuerza o grado de analogía entre dos o más variables cuantitativas que tengan una distribución normal (Restrepo & González, 2007), el coeficiente mide, en dos o más variables lineales afines, su grado de covarianza. La afinidad del coeficiente está medido de manera que su respuesta, mientras más cercano a uno, indica una relación alta, por otro lado si el resultado es cercano a cero la relación será baja.

Según Novales, (2010) el coeficiente de Determinación, indica el porcentaje de variación total en Y que pueda explicar la regresión dentro de la muestra, el coeficiente explica la variación que experimenta una variable con respecto a la otra, con esto en cuenta, el R^2 puede ser utilizado para

predecir comportamientos futuros relacionados con estas dos variables, explica la bondad de ajuste de estas y en qué medida el ajuste de la muestra es correcto.

2.10 Seguridad hídrica.

La seguridad hídrica se puede definir como: “el nivel aceptable de los riesgos relacionados al agua, los seres humanos y el ecosistema, junto con la disponibilidad de agua, con su cantidad y calidad suficientes, para mantener los medios de vida, satisfacer la seguridad nacional, la salud humana y los servicios de los ecosistemas” (Bakker, 2012).

Una vez que se hayan dado a conocer las terminologías y los parámetros que afectan al agua y a sus diferentes usos, se puede definir que es la seguridad hídrica, ya que como se mencionó antes, un inventario hídrico validado y diagnosticado asegura un correcto manejo del recurso agua y con ello asegurando la: “capacidad de una población para salvaguardar a nivel de cuenca el acceso al agua en cantidades adecuadas y con la calidad apropiada para sostener la salud de la gente y de los ecosistemas así como para asegurar la protección eficaz de vidas y bienes durante desastres hídricos (inundaciones, deslizamientos y hundimientos de terreno y sequías)” (Jiménez-Cisneros, 2015).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diagrama de flujo de la metodología

El diagrama de flujo presenta un resumen de los pasos usados para el desarrollo del presente trabajo; la metodología utilizada está basada en lo propuesto por Martínez, (2012), la cual divide al proceso de validación en cinco etapas, de las cuales solo se aplicaron las siguientes: Etapa I revisión de la información, Etapa IV levantamiento de información en campo y Etapa V análisis final. Las etapas II y III fueron descartadas debido a que no tenían relevancia para la realización de esta investigación ya que están destinadas a cumplir objetivos diferentes a los propuestos.

La definición de la zona de estudio hasta el análisis de la base de datos comprenden lo plasmado en la Etapa I, por otro lado la Etapa IV abarca los procesos de terminación de concesiones y la validación en campo en sí y para finalizar la sistematización de información se basó en lo observado en la Etapa V.



Figura 1: Diagrama de flujo de la metodología de investigación.

Fuente: Martínez, (2012)

3.2 Zona de estudio

La zona de estudio está ubicada en la parte Sur del Ecuador, en la Cuenca Hidrográfica del río Jubones, misma que se divide en nueve subcuencas entre la que se encuentra la subcuenca del río Rircay, misma que, se encuentra influenciada en su mayoría por los cantones San Fernando y Girón, tiene una extensión de 83.070,14 Ha, y representa el 19.5 % del total de la superficie de la demarcación del Jubones (Bravo & Zhumi, 2012).

En esta subcuenca irrigan políticamente los cantones Girón, Santa Isabel y San Fernando y en una mínima proporción de su territorio los cantones Cuenca y Nabón. Por lo tanto la subcuenca cuenta con climas de Alta Montaña y Tropical Mega térmico y Semiárido, y pisos climáticos como Montano y Montano Bajo, con altitudes que van desde los 1.500 a los 4.000 m.s.n.m, y temperaturas variadas que oscilan desde los 8° en mayores altitudes y los 23° Celsius en menores altitudes de la subcuenca (GAD- San Fernando, 2014; GAD- Santa Isabel, 2020; GAD-Girón, 2015; GAD-Nabón, 2014).

Las precipitaciones estimadas dentro de la subcuenca se encuentran en un rango de 250 mm a 2.000 mm, las cantidades bajas se dan principalmente en el cantón Girón y las altas en Nabón, según Martínez, (2012) la precipitación anual promedio es de 809 mm. La geología del Rircay está representada por suelos de origen volcánico, predominando los de tipo Iceprisol.

Al ser una subcuenca montañosa el modelo económico se centra en actividades del sector primario de producción, tales como la agricultura, ganadería, silvicultura, riego y cría de animales pequeños, el resultado principal derivado de las actividades productivas son los lácteos; los cultivos predominantes son: maíz, papa, fréjol. Debido a la gran cantidad de fuentes de agua, la actividad principal es la pecuaria.

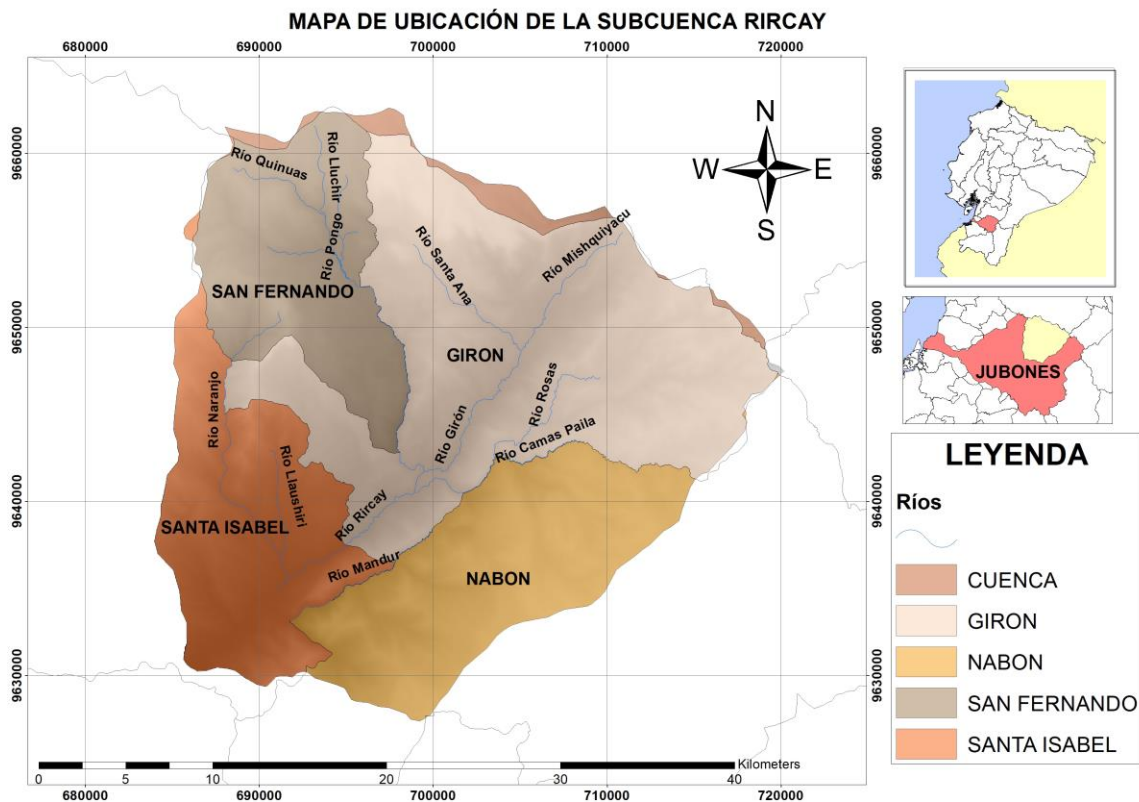


Figura 2: Mapa de las subcuena hidrográfica del Jubones.

Fuente: Autoría propia

3.3 Análisis de la base de datos

La entidad antes denominada Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) fue la responsable de la realización del inventario hídrico que fue validado en este trabajo, los datos del inventario fueron tomados desde el año 1960 hasta el 2015, por lo que la base de datos contiene información sobre: los sitios de captación del recurso, usos de agua y ubicación geográfica. Se realizó un análisis a profundidad partiendo de esta base de datos con la finalidad de determinar la calidad de la información.

El inventario cuenta con 58 parámetros diferentes que han sido medidos y plasmados en la base de datos, estos fueron estudiados uno por uno para determinar su importancia, su función y sobre todo para realizar las fichas de información que facilitaron la validación.

Para realizar el análisis, se estudiaron las variables, se descartaron apartados que no contenían información alguna o datos y códigos que no fueron posibles de interpretar los cuales no aportaban información relevante acerca del estado de las concesiones. Además se realizaron tablas resumen con la toda la información pertinente de las concesiones, las tablas se crearon relacionando parámetros en los cuales sus variables cuentan con algún tipo de analogía y ayudan a establecer una correlación que facilita el entendimiento de lavase de datos.

3.3.1 Calculo de población

En este apartado se calcula la población propicia para el aprovechamiento del caudal. Cada una de las concesiones dentro de la base de datos cuenta con información de caudal medido en litros por segundo (l/s). Estos datos fueron utilizados para realizar el cálculo alrededor de toda la subcuenca, el mismo determina la cantidad propicia de habitantes que pueden aprovechar el volumen de caudal otorgado en función de la asignación hídrica de los moradores de la subcuenca, el dato de dotación se obtuvo de las Normas de Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes (EX-IEOS, 1993)

La fórmula es la siguiente:

$$Población = \frac{Q \left(\frac{L}{d} \right)}{D \left(\frac{L * Hab}{d} \right)} \quad (1)$$

En donde:

P= población

Q= caudal en litro por día $\left(\frac{L}{d} \right)$

D= dotación de agua por habitante por día $\left(\frac{L * Hab}{d} \right)$

3.4 Determinación de concesiones

Debido a la longitud de la subcuenca y la cantidad de concesiones que se encuentran a lo largo de esta, se optó por dividir la zona de estudio, con la aplicación de un método estadístico de clasificación espacial denominada: Rupturas Naturales (Jenks), mediante este método se creó un mapa cuantitativo que muestra las divisiones de elevaciones de la superficie terrestre sobre el nivel del mar que se divide en tres: subcuenca alta, subcuenca media y subcuenca baja.

3.4.1 División de la subcuenca.

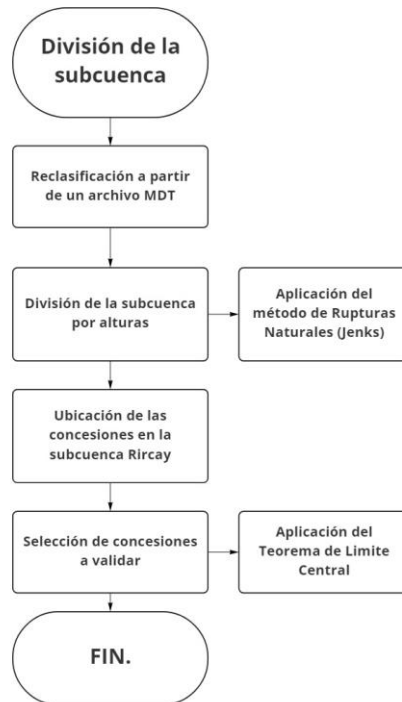


Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de división de la subcuenca.

Fuente: Autoría propia

A partir de un archivo MDT del Ecuador y un shape (.shp) de la subcuenca hidrográfica del río Rircay, se obtuvo el MDT de Rircay con la herramienta "Extracción por máscara", el cual fue utilizado para la división de las elevaciones de la subcuenca.

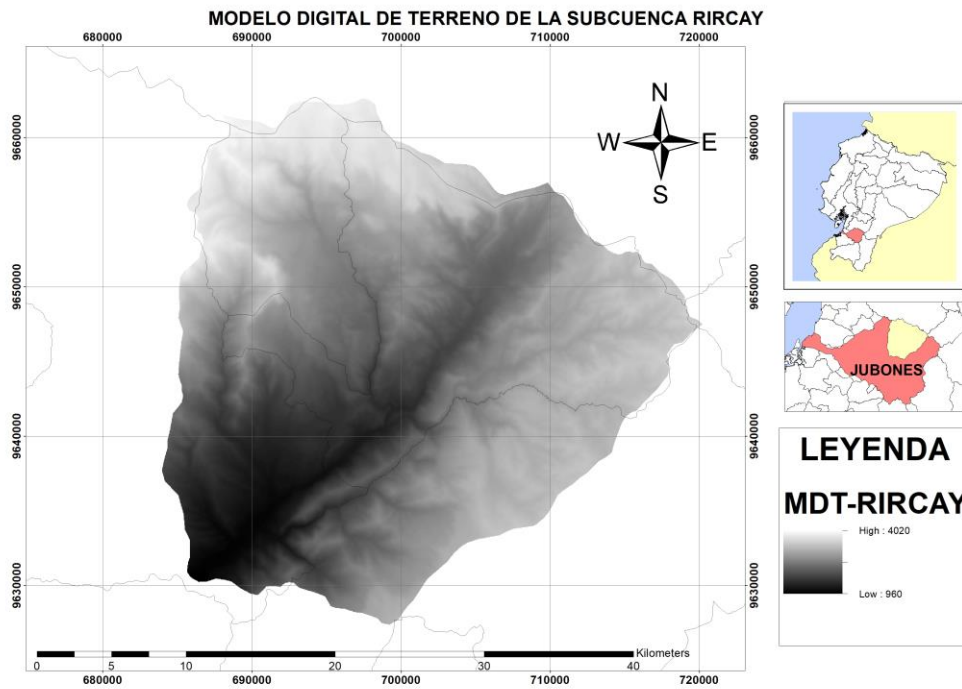


Figura 4: Modelo digital de terreno para la subcuenca Rircay.

Fuente: Autoría propia

Para el proceso del reclasificado, el número de grupos considerados convenientes para la subcuenca se encuentran en la Figura 5, en donde se muestra el método de Jenks empleado con una división de tres rupturas naturales basadas en las alturas de la subcuenca, las cuales son lo más homogéneas posibles que contienen mínima varianza dentro de una clase o división y máxima varianza entre las divisiones.

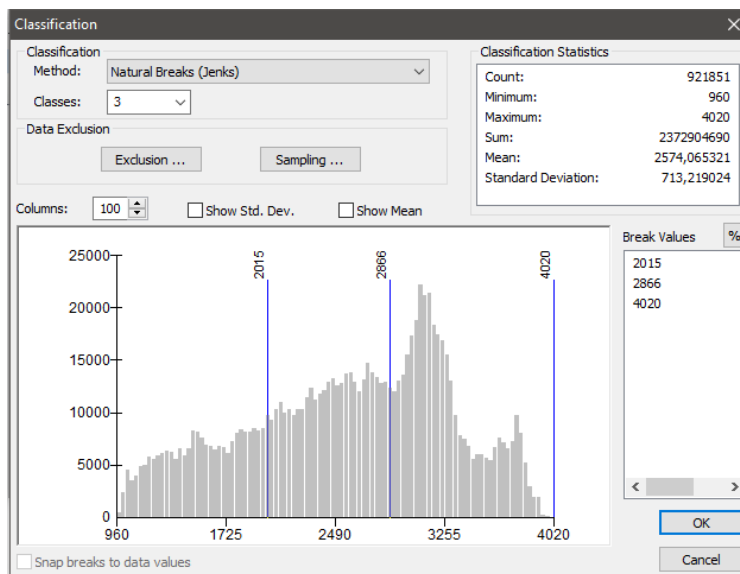


Figura 5: Especificidades del Método de Jenks empleados para la división.

Fuente: Autoría propia

El resultado de la reclasificación del raster empleado se muestra en la Figura 6, en donde es posible diferenciar las divisiones obtenidas por el Método de Jenks y el valor de cada una, mismo que fue tomado en cuenta para clasificar la subcuenca en alta, media y baja.

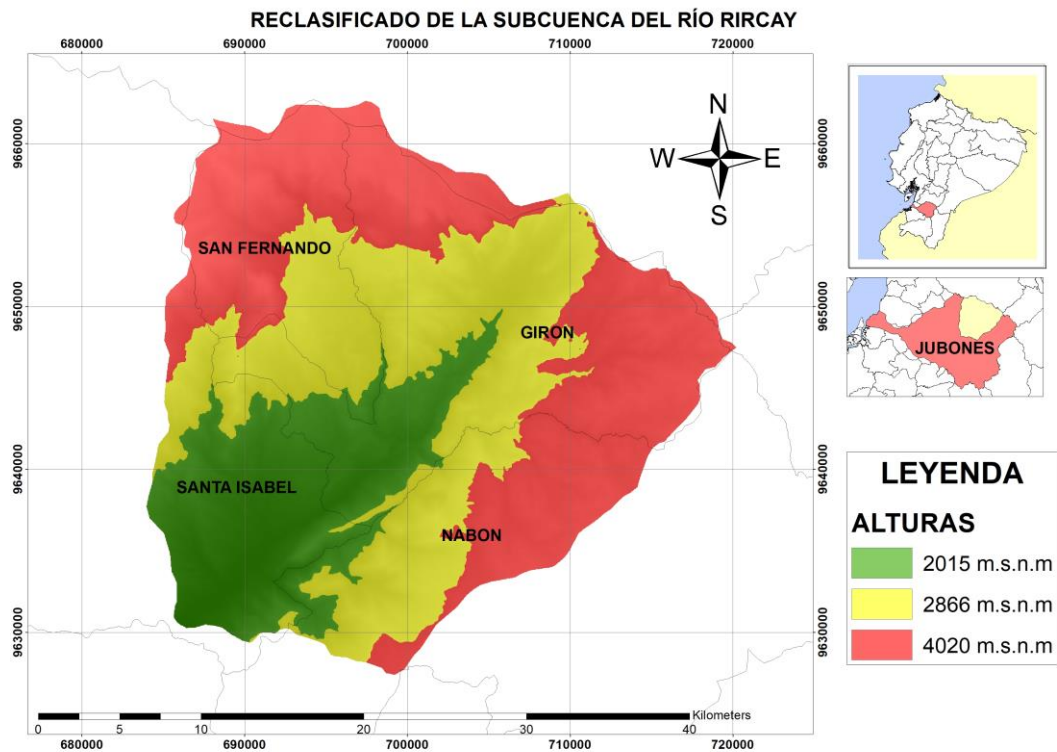


Figura 6: Reclasificado de la subcuenca Rircay con sus divisiones.

Fuente: Autoría propia

A partir de la reclasificación se obtuvo un archivo shapefile, el cual puede ser editado para la ubicación de las concesiones y en donde se aprecia una vez más la subcuenca con sus respectivas divisiones y los colores representativos que se utilizarán a lo largo del trabajo de investigación (Figura 7).

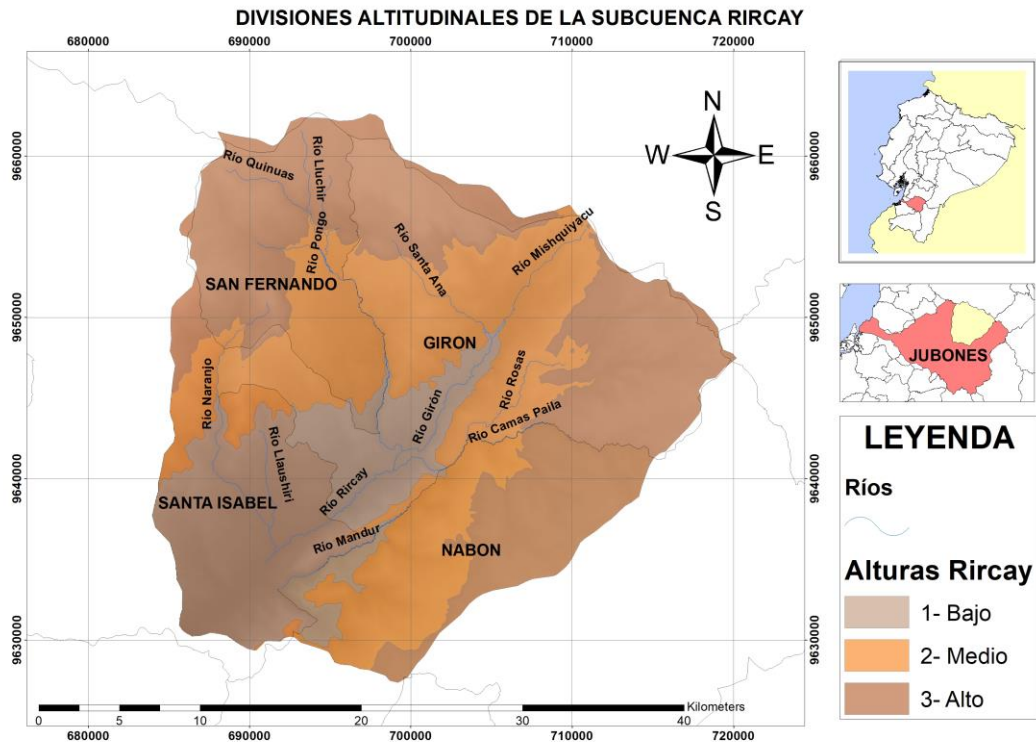


Figura 7: Divisiones altitudinales de la subcuenca Rircay.

Fuente: Autoría propia

3.4.2 Selección de las concesiones a validar.

Para realizar la validación se limitó el número de concesiones, de 2.029 a 100, esto debido a la aplicación del Teorema de Limite Central. Para determinar las concesiones se realizaron cálculos estadísticos simples, para los cuales, se estableció la cantidad de concesiones ubicadas en las divisiones: alta, media y baja de la subcuenca mediante ArcGis (Figura 8), dando como resultado: 540 concesiones dentro de la subcuenca alta, 838 concesiones dentro de la media y 651 concesiones dentro de la subcuenca baja, posteriormente se realizó una división de cada uno de estos valores para el número total de concesiones y el resultado se multiplicó por 100, con la finalidad de determinar cuántas se ubicaran en cada una de las tres divisiones.

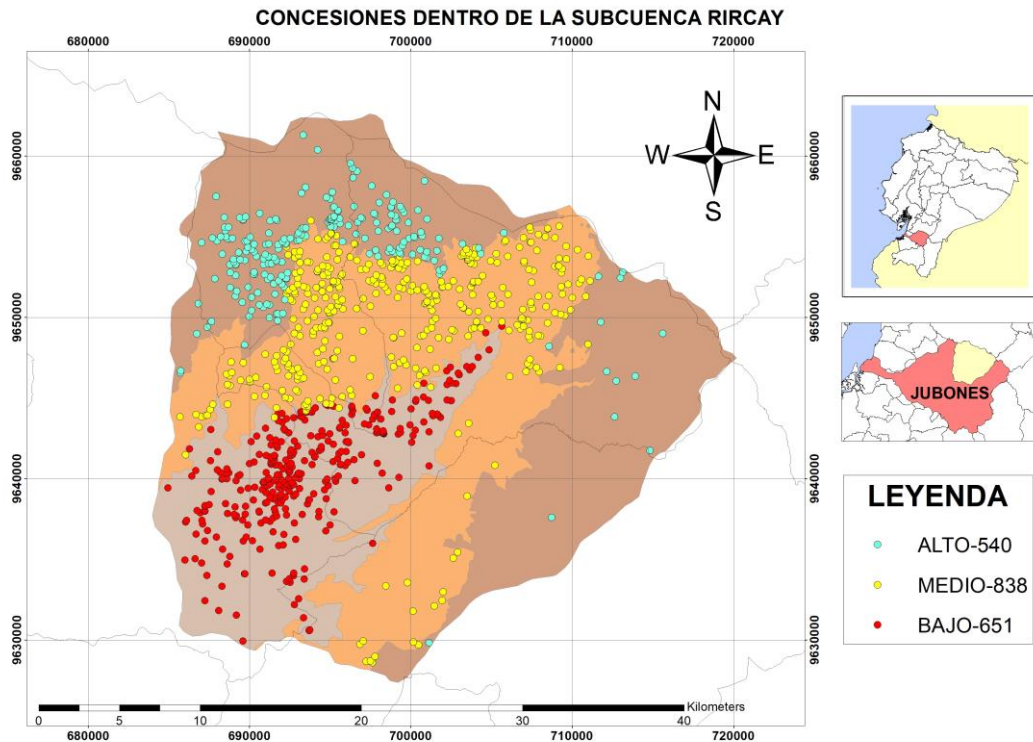


Figura 8: Número de concesiones por cada división dentro de la subcuenca.

Fuente: Autoría propia

Una vez obtenidos los valores de las divisiones y multiplicaciones a partir de las concesiones, se aplicó el Teorema de Limite Central, resultando en 100 concesiones que cubren la mayor parte del terreno y cumplen con lo establecido en el teorema acercándose más a la normalidad o a una distribución uniforme, proporcionando así una estadística correcta que asegura que las concesiones validadas provean la información suficientemente fehaciente para ser aplicada en estudios posteriores, estas multiplicaciones dieron como resultado el número de estaciones a validar por cada división de la subcuenca.

Las 100 concesiones fueron elegidas de manera aleatoria mediante la generación de datos aleatorios aplicados en cada una de las tres divisiones de la subcuenca.

3.5 Ficha de levantamiento de información.

Una vez que el recorrido de las concesiones fue programado se inició el desplazamiento al sitio y relleno de fichas, el contenido de las fichas se encuentra en el ANEXO 1 en donde se encuentran los siguientes parámetros: datos generales y localización de las concesiones, fuente de captación, coordenadas, uso y aprovechamiento, vía de acceso, entre otras.

3.6 Validación de información

Para el proceso de validación como tal, se utilizó la metodología de relleno de fichas basándonos en los trabajos de (Martínez, 2012) y (CNRH et al., 2004), los cuales consisten en inventariar las concesiones mediante fichas de levantamiento de información.

Se usaron las coordenadas de las bases de datos de las concesiones elegidas, con esa información fue posible movilizarse hacia las ubicaciones exactas en donde se encuentran cada una de las concesiones para su validación, cabe recalcar que la toma de información se realizó con ayuda de un GPS, el cual sirvió para confirmar las coordenadas, en caso de existir algún cambio o irregularidad se tomaron nuevos datos. Los nuevos datos de coordenadas no están aplicados en el trabajo de investigación debido a que su información no es relevante si no se revisa con el inventario completo, por lo tanto, en caso de ser necesario las coordenadas nuevas se encuentran actualizadas en un archivo shp para ser compartidas con la autoridad del agua competente. Las coordenadas de las concesiones a validar en el campo se dividieron en función del cantón en donde se encontraban.

Se comprobó la información plasmada con la base de datos en los diferentes lugares mediante fotografías; se realizaron entrevistas, con las fichas de información a los moradores de los sectores cercanos o los habitantes de las concesiones, en caso de que el uso sea de abrevadero se contó el número de cabezas de ganado, se tomó datos del caudal de los medidores de agua ubicados en algunas concesiones y en otras se calculó el caudal midiendo el tiempo que tarda este en llenar una botella de un litro y aplicar una regla de tres para determinar el valor en l/s. En los casos en los que la información no era confiable, estaba incorrecta o las coordenadas estaban mal tomadas fueron desechadas o cambiadas para que se acoplen a la realidad del campo, en estos casos en las fichas adjuntas se agregó una justificación en el apartado de observaciones.



Figura 9: Toma de datos en campo.

Fuente: Autoría propia.

La información de las fichas fue revisada y comparada con las tablas de concesiones previamente realizadas, logrando así determinar cualquier clase de anomalía con respecto a la información otorgada por la SENAGUA.

3.7 Correlación de usos de agua con usos de suelo.

Para realizar la correlación, se tomó en cuenta nueve tipos de uso de suelo y el área en la subcuenca, los cuales son: Cuerpo de agua, Área poblada, Bosque nativo, Cultivo, Plantación

forestal, Vegetación herbácea, Páramo, Vegetación arbustiva y Pastizal, cabe recalcar que la información de uso de suelo utilizada para este análisis es del año 2015; por lo tanto la relación se centró en la cantidad de usos de agua presentes en cada uno de los tipos de suelo presentes en la subcuenca, la correlación se basó en la investigación: Páramo to pasture conversion in a mountain watershed: Effects on water quality and quantity (Matovelle, 2021), en donde también se realiza una correlación de dos variables

3.7.1 Coeficiente de Relación de Pearson.

Se tomó como referencia el coeficiente de Correlación de Pearson para determinar la relación entre los usos de suelo y agua de la subcuenca, este permite medir el grado de varianza existente entre dos o más variables lineales afines, siendo las más cercanas a uno las que indican una vinculación más afín o más alta.

La fórmula utilizada para determinar el valor del coeficiente según Hernández et al. (2018) fue la siguiente:

$$r_{xy} = \frac{cov(x, y)}{s_x s_y} \quad (2)$$

En donde:

r= Coeficiente de Correlación de Pearson

cov(x, y)= covarianza entre X & Y

S_x= Desviación estándar de X

S_y= Desviación estándar de Y

X= Variable X

Y= Variable Y

3.7.2 Coeficiente de determinación o R².

Para obtener mayor veracidad de la estadística aplicada y medir la bondad de ajuste entre las variables, se aplicó el Coeficiente de determinación, también denominado R², el cual indica la regresión dentro de una muestra y la variación presente dentro de una variable con respecto a la otra, se aplica también para predecir comportamientos futuros en cuanto a las variables y determinar en qué medida el ajuste de la muestra es correcto.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del análisis del inventario de usos de agua

El inventario de usos de agua en el que se basó este análisis consta de una base de datos con información levantada desde el año 1960 hasta el año 2015, tiene 58 parámetros que fueron estudiados minuciosamente para determinar su utilidad, función, precisar si se necesita más información y sobre todo para la creación de la ficha de levantamiento, la institución encargada de la realización de este inventario es la SENAGUA, entidad que ahora se conoce como Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. A continuación se listan los parámetros según la clasificación mencionada para su análisis.

Usuarios: La Tabla 1 presenta los tipos y grupos de usuarios que se encuentran a lo largo de la subcuenca, cada grupo de usuario cuenta con un código especial que acorta el nombre e identifica los diferentes grupos que se encuentran en la subcuenca, el código es indispensable al momento de realizar la validación ya que con este, la toma de datos se realizó de forma más sencilla y rápida, los códigos son los siguientes: Agrupaciones de usuarios de distinta índole (COM); Asociaciones varias, Inmobiliarias (ASO); Centros o instituciones educativas (EDU); Cooperativas de distinta naturaleza (COOP) ;Directorios de aguas, directivos (DIR); Juntas administradoras de agua potable (JUN-AP); Juntas administradoras de agua, juntas de agua (JUN); municipios, consejos (MUN); Personas naturales, herederos, familias (NAT); Procuradores comunes, representantes legales (PROC); Usuarios de acequias y/o canales de riego, juntas de regantes (RIE).

Tabla 1: Tipos de usuarios con sus códigos.

GRUPO DE USUARIO	CÓDIGO USUARIO	NÚMERO DE USUARIOS	TIPO DE USUARIO
Agrupaciones de usuarios de distinta índole	COM	7	particular
Asociaciones varias, inmobiliarias	ASO	1	particular
Centros o instituciones educativas	EDU	1	particular/estatal
Cooperativas de distinta naturaleza	COOP	7	particular
Directorios de aguas, directivos	DIR	95	particular/mixto
Juntas administradoras de agua potable	JUN-AP	14	particular
Juntas administradoras de agua, juntas de agua	JUN	6	particular
Municipios, consejos	MUN	1	particular
Personas naturales, herederos, familias	NAT	1435	particular
Procuradores comunes, representantes legales	PROC	460	particular
Usuarios de acequias y/o canales de riego, juntas de regantes	RIE	2	particular

Fuente: Autoría propia

Existen tres tipos diferentes de usuarios en la subcuenca, cabe destacar que solo constan dos usuarios estatales, entre los que están: un apartado persona natural y uno de centro educativo, tres usuarios mixtos en los que se encuentra: un directivo de aguas y los demás usuarios son del tipo particulares, el grupo de personas naturales es el predominante en la subcuenca teniendo 1435 usuarios, los usuarios particulares en el grupo de personas naturales son los predominantes en la subcuenca.

Cantones: La subcuenca se ve influenciada por cuatro cantones: Girón, Santa Isabel, San Fernando y Nabón; los cantones se encuentran tanto en la provincia de El Oro como del Azuay pertenecientes a Costa y Sierra.

Tipo de fuente: En la Tabla 2 se describe los tipos de fuente dentro de la subcuenca, el tipo está representado por la categoría: “nombre de fuente”, también se puede encontrar un código representativo para las fuentes, este código, al igual que en la tabla anterior, se utilizó para agilizar el proceso de validación, siendo los códigos los siguientes: Acequias (A); Aguas servidas (S); Ciénegas/Pantanos/Humedales (Z); Lago/laguna (L); Pozo (P); Quebrada (Q); Remanentes (U); Río (R); Vertientes, manantial, acuífero (V).

Tabla 2: Tipos de fuentes de la subcuenca.

NOMBRE FUENTE	CÓDIGO FUENTE	NÚMERO DE FUENTES
Acequia	A	3
Aguas servidas	S	3
Ciénegas/Pantanos/ Humedales	Z	5
Lago/Laguna	L	8
Pozo	P	1
Quebrada	Q	223
Remanentes	U	89
Río	R	209
Vertientes, manantial, acuífero	V	1490

Fuente: Autoría propia

En cuanto al tipo de fuente predominante la categoría vertientes, acuíferos y manantiales es la que mayor relevancia tiene en la subcuenca con un total de 1.490 fuentes; es necesario destacar la veracidad en cuanto a este tipo de fuentes debido a la manera de extracción del recurso hídrico para su posterior uso, por ejemplo, para un acuífero el método de extracción de agua se da por bombeo, por lo que se optó por realizar una inspección de la extracción para corroborar la autenticidad de la base de datos en el campo; las quebradas y los ríos son las fuentes alternativas más utilizadas dentro de la cuenca para abastecerse de agua después de los vertientes.

Uso y aprovechamiento: En la tabla 3 se presenta la cantidad de concesiones junto con sus usos y aprovechamiento de agua dentro de la subcuenca, cada uso cuenta con su código específico que en este caso hace referencia a la primera letra del nombre del aprovechamiento: Abrevadero (A); Agua potable (P); Doméstico (D); Industrial (I); Piscícola (S); Riego (R). Se destaca el riego como el uso más notable en la subcuenca con 864 concesiones, concordando con lo establecido en la investigación de Martínez, (2012), en donde se determinaron 182 sistemas en los cuales 109 son

de riego. Se presenta también el sector económico al que pertenece cada uso siendo el sector agrícola el predominante.

Tabla 3: Usos y aprovechamientos de agua en la subcuenca.

USO Y APROVECHAMIENTO	CÓDIGO DE USO	NÚMERO DE CONCESIONES	SECTOR ECONÓMICO
Abrevadero	A	509	Agrícola
Agua potable	P	4	Social
Doméstico	D	618	Social
Industrial	I	20	Industrial
Piscícola	S	14	Industrial
Riego	R	864	Agrícola

Fuente: Autoría propia

El uso para riego es que más se aplica en la subcuenca teniendo 864 concesiones que aprovechan este uso, además se muestra que los otros usos más significativos son el doméstico y para abrevadero cubriendo los tres tipos de sectores económicos presentes.

Población: Los datos de población plasmada en la base de datos muestra que esta es tomada únicamente en las concesiones que aprovechan el agua para uso doméstico, se determinó que en total existen 39.373 personas en la zona de la subcuenca.

Usos específicos: En la tabla 4 se presenta los tipos de usos específicos junto con su uso y aprovechamiento en general, como se demostró en la tabla 3, la mayor parte de la subcuenca utiliza su agua para riego y por lo tanto existen mayor cantidad de usos específicos en este apartado, es necesario recalcar que existen algunos usos que se repiten pero cada uno tiene un código especial que indica a qué tipo de uso hace referencia: Doméstico (D); Piscícola (S); Riego (R).

Tabla 4: Usos de agua y usos específicos.

USO Y APROVECHAMIENTO	USO ESPECÍFICO
Domestico	Extensivo a abrevadero D
	Extensivo a otros usos domésticos
	Extensivo a riego D
	Uso doméstico en general
Agua potable	Uso en general para agua potable
Abrevadero	Extensivo a otros usos de abrevadero
	Uso de abrevadero en general
	Vacuno
	Caballar
	Porcino
Industrial	Uso en general para industria
	Extensivo a otros usos industriales
	Destilerías
Piscícola	Extensivo a riego S
	Uso en general para piscícola
	Criaderos de truchas, tilapias, otros
Riego	Cultivos de frutales
	Cultivos de caña de azúcar
	Cultivos de ciclo corto
	Cultivos de exportación (café-pulpas)
	Cultivos de pastizales
	Extensivo a abrevaderos R
	Extensivo a otros usos de riego
	Extensivo a uso doméstico R
	Extensivo a uso doméstico y abrevadero
	Uso en general

Fuente: Autoría propia

Ganadería: En la tabla 5 se muestran los cuatro tipos de ganadería que se dan en la subcuenca Rircay, junto con el número de concesiones que aplican los diferentes tipos de ganadería y el número de animales que constan en cada concesión. Predomina la ganadería vacuna ya que la principal fuente de economía de la subcuenca es la producción de lácteos.

Tabla 5: Tipos de ganadería a lo largo de la subcuenca.

TIPO DE GANADERÍA	NÚMERO DE CONCESIONES QUE APLICAN ESTA GANADERÍA	NÚMERO TOTAL DE ANIMALES
Avícola	1	71
Porcina	2	2010
Vacuna	399	18290
Vacuno, porcino y avícola	1	134

Fuente: Autoría propia

Área regada: El área dentro de la base de datos se calcula únicamente en las concesiones en donde su uso es para el riego, el área total calculada de la subcuenca es de 26.546,13 m².

Tipo de riego: Presenta dos tipos de riego en la subcuenca: por gravedad y por aspersión, además de un tercer apartado denominado: otros, estos se presentan en la tabla 6 junto con el área total regada dentro de la subcuenca de cada uno de los tipos, aquí se puede notar que el tipo de riego predominante es por gravedad.

Tabla 6: Tipos de riego y su área total regada.

TIPO DE RIEGO	AREA TOTAL REGADA (m²)
Gravedad	5086,126
Aspersión	4296,554
Otros	1013,218

Fuente: Autoría propia

El tipo de riego por gravedad es el que más se aplica en la subcuenca dentro de la base de datos, cabe recalcar que, debido al tiempo de creación del inventario, esta información está desactualizada y el tipo de riego que le sigue, por aspersión, es que el predomina en el año de realización de este trabajo.

Coordenadas: Las coordenadas en la base de datos se encuentran medidas en UTM, estas fueron transformadas a Coordenadas Geográficas mediante una aplicación en línea para facilitar el uso del GPS manejado para realizar el seguimiento de las concesiones.

Estado de la concesión: Se presentan cinco estados en los que se encuentran las concesiones, estos son: renovada; transferida; vigente; caducada; cancelada. Se determinó en la validación el estado actual de cada una de las concesiones.

4.1.1 Resultados de población propicia.

El valor de dotación de agua se obtuvo de las Normas de Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes (INEN, 2003), este valor aproximado es de $140 \frac{L.Hab}{D}$, y fue aplicado a las concesiones que contaban con datos de población, siendo estos el número de habitantes que tienen acceso a dicho caudal, cuando la población tiene un valor alto hace referencia a un número de dos o más concesiones con acceso al mismo caudal.

Como se aprecia en la (tabla 7), 11 de las concesiones plasmadas presentan una población menor a la población propicia para aprovechar el volumen de ese caudal, generando un desperdicio de recurso hídrico, ya que en ocho de estas concesiones el uso y aprovechamiento están destinados al doméstico, estos resultados tiene relación con lo que sostiene Martínez (2012), el cual asegura que, después de realizar un diagnóstico del inventario ya existente en la zona del Rircay, el caudal concesionado está por encima del disponible; se presentó una concesión de uso y aprovechamiento industrial, que si bien la población es mucho menor a la población propicia determinada, el volumen de caudal es aprovechado para otras actividades relacionadas a la industria, en cuanto a la concesión de uso de riego, al igual en la industrial, la población es menor que la propicia pero dada su finalidad de riego el volumen del caudal no se desperdicia, finalmente se reconocen tres concesiones con un excedente de volumen de caudal debido a la presencia de una población mayor a la propicia sugerida.

Tabla 7: Resultados de la población propicia para aprovechamiento de caudal.

CAUDAL (L/d)	DOTACIÓN (L.Hab/día)	POBLACIÓN (Hab)	POBLACIÓN PROPICIA (Hab)	USO Y APROVECHAMIENTO
8640	140	100	62	DOMESTICO
72576	140	8	518	DOMESTICO
2160	140	72	15	AGUA POTABLE
51840	140	6	370	RIEGO
172800	140	4	1234	INDUSTRIAL
7344	140	5	52	DOMESTICO
17280	140	5	123	DOMESTICO
3456	140	50	25	DOMESTICO
2592	140	3	19	DOMESTICO
864	140	5	6	DOMESTICO
12960	140	50	93	DOMESTICO
4838,4	140	4	35	DOMESTICO
6480	140	12	46	DOMESTICO
1728	140	5	12	RIEGO

Fuente: Autoría propia

4.2 Resultados de la verificación del inventario

Los resultados de la verificación y validación están plasmados en función de las falencias presentes en los apartados de la base de datos obtenida por el SENAGUA, en comparación con la realidad de estas en el campo, presentando así el porcentaje de errores por apartado, además de los cambios pertinentes a escala de toda la subcuenca y por divisiones altitudinales.

Las falencias o errores pueden ser ocasionadas por el tiempo transcurrido entre la realización del inventario y la validación del mismo, además de otras situaciones como afecciones naturales y antropológicas.

En la (figura 10) se encuentra la gráfica de las 100 concesiones que fueron seleccionadas para validar, estas se separaron en función de las alturas de la subcuenca, dando como resultado: 32 concesiones en la subcuenca baja, 41 en la subcuenca media y 27 en la subcuenca alta.

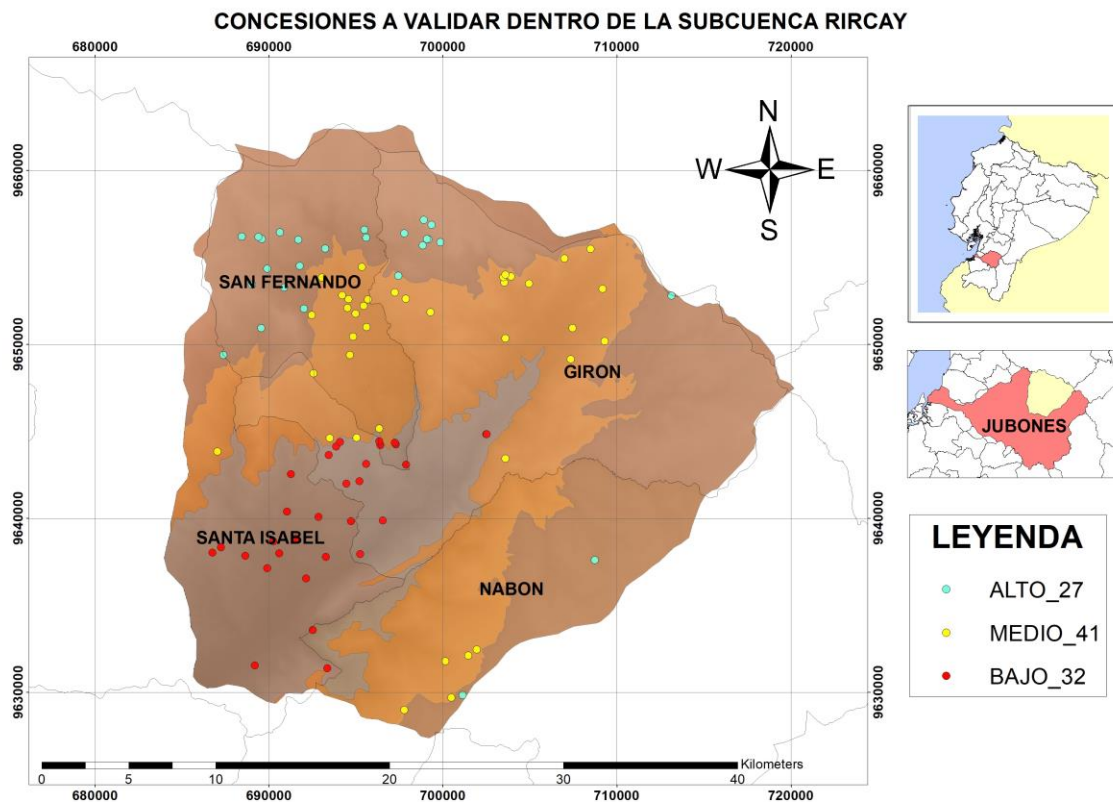


Figura 10: Resultado de las concesiones a validar.

Fuente: Autoría propia

Al realizar la validación en el campo, se tomó en cuenta principalmente las concesiones que no cumplían, con respecto a la base de datos, con el apartado de coordenadas, resultando en 21 concesiones eliminadas por presentar ubicaciones erróneas o en sitios de acceso limitado. Tomando esto en cuenta, se validaron únicamente 79 concesiones, de las cuales, 70 concesiones tienen los datos de coordenadas correctas y 9 tienen nuevas coordenadas ajustadas a las concesiones presentes en el área de estudio.

4.2.1 Contaminación y accesibilidad en las concesiones.

Al comparar y validar los apartados pertinentes en la base de datos, se agrega dos apartados más, los cuales indican los tipos de vías de acceso a las concesiones y si existe contaminación dentro o fuera las fuentes; en la figura 11 se muestra las maneras de accesibilidad, medidos en porcentajes, de las 79 concesiones validadas, se observa que la mayoría de la subcuenca (61%) cuenta con concesiones que tiene una vía accesible a ellas, lo que significa que se puede llegar a ellas en vehículos motorizados, mientras que el (39%) de las concesiones solo pueden ser accesibles a pie o con ayuda de un animal de carga.

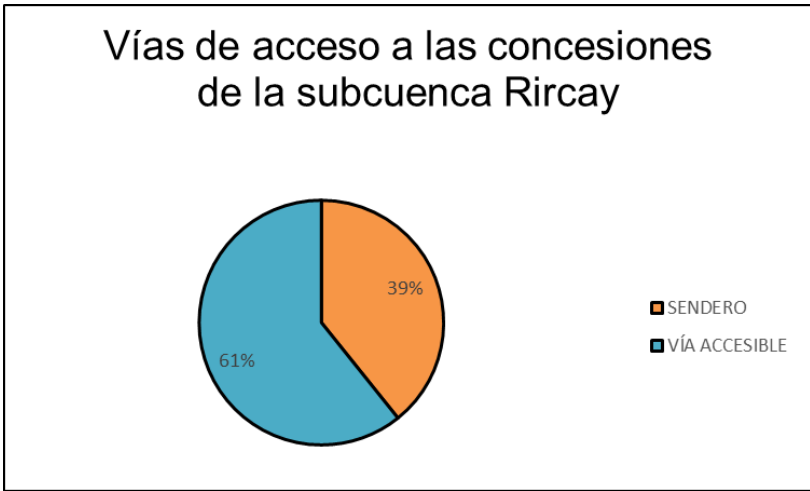


Figura 11: Gráfico de porcentaje de vías de acceso a las concesiones.

Fuente: Autoría propia.

En cuanto a la contaminación, en la figura 12 se encuentra el porcentaje de contaminación visto en las concesiones de la subcuenca, se divide en: contaminación por desechos orgánicos, por desechos inorgánicos, por minería, y sin presencia de contaminantes, estos parámetros se tomaron considerando la contaminación presente tanto, dentro de la fuente de aprovechamiento de agua de la concesión, como de sus alrededores, teniendo en cuenta únicamente la contaminación a simple vista de las fuentes y no se determinó la contaminación química o biológica de estas.

Es importante acentuar el hecho de que más de la mitad del porcentaje de concesiones no presentan signos de contaminación dentro o fuera de la fuente de aprovechamiento de agua y que el tipo de contaminación más representativo es el causado por desechos inorgánicos, principalmente por desechos agropecuarios, que son visibles concordando con lo plasmado por la investigación de (Fajardo, 2010) y (Martínez, 2012) en donde también se indica la perturbación de la condición de las aguas por el uso de pesticidas y desechos vacunos.

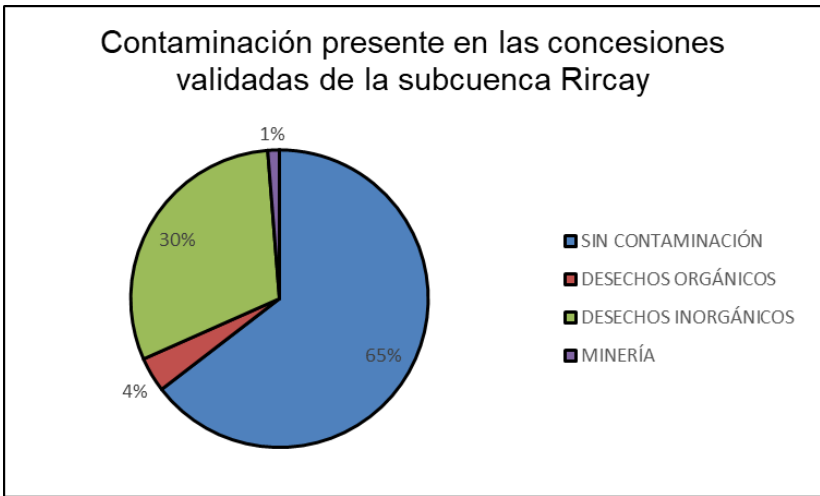


Figura 12: Gráfico de porcentajes de contaminación en las concesiones.

Fuente: Autoría propia

4.2.2 Concesiones con inconsistencias, validadas según alturas de la subcuenca Rircay.

Se estableció, mediante las concesiones, el número de errores medidos en una escala de uno a diez, encontrados dentro de los apartados de la base de datos seleccionados para la validación, en función de las alturas que dividen la subcuenca, obteniendo así un resumen de las falencias más significativas divididas por altura. Es necesario especificar que cuando se menciona errores en el texto se está haciendo referencia al número de concesiones con fallos o inconsistencias dentro del apartado pertinente.

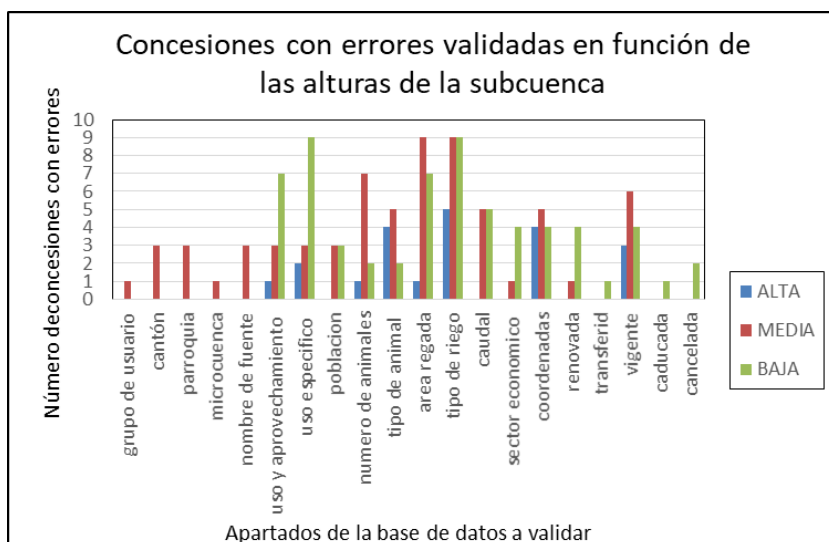


Figura 13: Gráfico de concesiones con inconsistencias, validadas en función de las alturas de la subcuenca.

Fuente: Autoría propia

La figura 13 muestra el resumen de errores por subcuenca, se observa que en la subcuenca alta los errores en los apartados son menores en comparación a la subcuenca media y baja. El “tipo de riego” es el apartado que tiene más falencias dentro de todas las concesiones validadas, esto se debe a que se presentaba en la base de datos que predomina el riego por gravedad, con la validación se pudo establecer que la mayor parte de las concesiones que usan su agua para el riego lo hacen mediante el método de aspersión, resultados que se relacionan con lo que sostiene (Fajardo, 2010) y el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Girón (GAD-Girón, 2015) en donde se recalca que se modernizaron los sistemas de riego dejando atrás el sistema por gravedad. Le siguen los apartados de “tipo de animal” y “coordenadas”, en cuanto al tipo de animal no se encontraron errores como tal y no por falta de información, se especifica el uso de abrevadero pero no el tipo de ganado, que en estos caso resultó ser vacuno en todas las concesiones que no contaban con esa información, en el apartado de coordenadas, las concesiones se encontraban varios metros alejados de la ubicación establecida, además gran parte de las concesiones que fueron descartadas por su ubicación errada se encontraban en la subcuenca alta.

Las concesiones de la subcuenca media son las que presentan la mayor cantidad de apartados con errores, se exponen pequeños errores en función de la ubicación de las concesiones con respecto a su ubicación cantonal y parroquial, y tres errores en los “nombres de fuente”, que hacen referencia al tipo de fuente de abastecimiento de agua; los apartados de riego y área regada tienen el número más alto de errores, al igual que en la subcuenca baja el tipo de riego predominante es por aspersión al contrario de lo que establecía la base de datos, en cuanto al área regada, los valores exhibidos en la base de datos eran incongruentes debido a que las cantidades cubrían una gran cantidad de espacio que no cumplía con el área de riego real de las concesiones. La información de la base de datos, acerca del “número de animales” en la subcuenca media, presentaba una cantidad de animales muy alta, por lo tanto se introdujo en nuevo número de cabezas de ganado por concesión errónea, este apartado está ligado al tipo de animal, en donde se colocó el tipo según su correspondencia, en los PDOT de los cantones dentro de la subcuenca se establece que existe una gran cantidad de vacunos debido a la expansión demográfica y la contaminación del recurso hídrico este ha ido disminuyendo. Para finalizar, en cuanto al estado de la subcuenca, el apartado de vigencia tiene una cantidad de seis errores, siendo el apartado con mayor número de errores en referencia a estos.

La subcuenca baja, en contraste con la subcuenca media, tiene la mayor cantidad de errores en sus apartados, debido en su mayoría a que contiene más concesiones que no cumplen con la información establecida en el apartado de “uso y aprovechamiento”; un patrón que se repite en las tres divisiones de la subcuenca es la información incorrecta en el apartado de “tipo de riego” y “área regada”, en este caso en específico, el riego por aspersión no es el predominante, contrarrestando con los autores antes mencionados y denotando una pequeña involución en el campo de sistemas de riego en esta zona de la subcuenca, en cuanto al área regada, también se presentaban datos que no concuerdan con la realidad de área en el campo. La subcuenca baja presenta nueve concesiones con errores dentro del apartado de uso específico estos hacen referencia a que, además de no cumplir con el uso y aprovechamiento dado por la base de datos, el recurso hídrico se empleaba para otros usos y actividades. Al igual que en la subcuenca media existen cinco concesiones con datos incorrectos en el apartado de “caudal”, se debe principalmente a que se tomaron nuevos datos basados en la información de medidores de agua ubicados en las concesiones. La subcuenca baja es la única que tiene concesiones que indican los cinco diferentes estados, la subcuenca cambia por el tiempo de la realización del inventario, actualmente siguen en funcionamiento pero se nota que hay muchas otras que han sido canceladas o se están renovando.

4.2.1 Porcentaje de datos correctos e incorrectos de acuerdo a las alturas de la subcuenca Rircay.

Una vez que se presentaron las concesiones con errores y en que apartados se encuentran estos, se realizaron gráficos circulares de las alturas de la subcuenca, los que indican la calidad de la información de la base de datos que se validó, mediante los aciertos y errores medidos en función de las inconsistencias de las concesiones, medidos en porcentajes. Empezando con la subcuenca alta, en la figura 14 se registra una mayor cantidad de datos incorrectos, con 15 concesiones con

errores y únicamente dos concesiones con todos los apartados correctos. La figura 15 muestra una vez más una mayor cantidad de datos incorrectos, teniendo 29 concesiones con datos erróneos y seis con datos correctos. Los porcentajes de error de la subcuenca baja se presentan en la figura 16, una vez más, la cantidad de datos erróneos prevalece en esta parte de la subcuenca, la misma tiene seis concesiones con datos correctos, al igual que en la subcuenca media, y 21 concesiones con datos incorrectos.

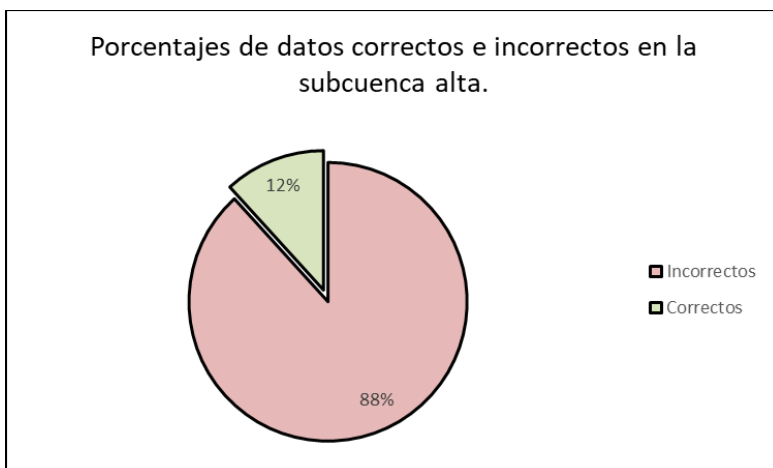


Figura 14: Gráfico de porcentajes de datos correctos e incorrectos en la subcuenca alta.

Fuente: Autoría propia

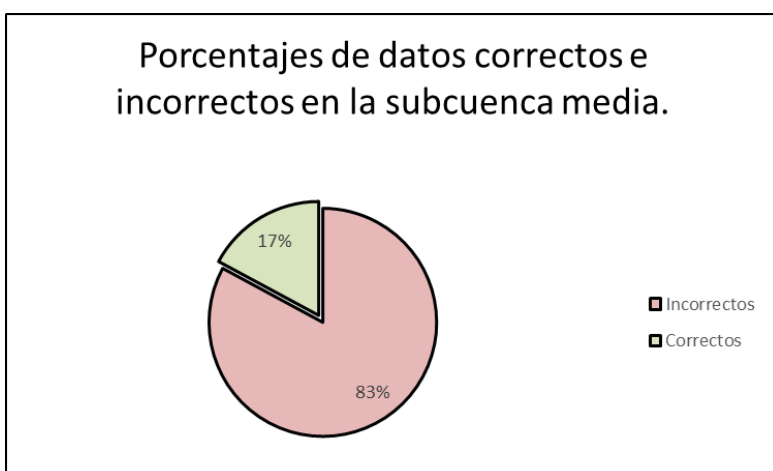


Figura 15: Gráfico de porcentajes de datos correctos e incorrectos de la subcuenca media.

Fuente: Autoría propia

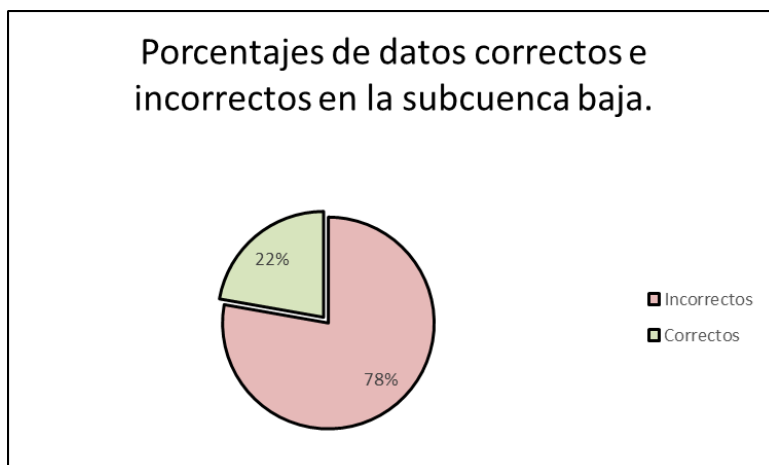


Figura 16: Gráfico de porcentajes de datos correctos e incorrectos de la subcuenca baja.

Fuente: Autoría propia

Todos estos gráficos demuestran que la documentación que brinda la base de datos se encuentra desactualizado con datos insuficientes y con gran cantidad de falencias, en las tres divisiones de la subcuenca, más de la mitad de las concesiones tienen discrepancias y escasas concesiones con datos correctos, como en el caso de la subcuenca alta en donde únicamente dos de las diecisiete concesiones tienen sus datos semejantes a la realidad en campo.

4.2.2 Porcentaje de error en las concesiones validadas de la subcuenca Rircay.

Con una idea más centrada de cómo se encuentra la información en función de las alturas en las que se dividió la subcuenca, se estableció el estado de la información validada con respecto a la subcuenca del río Rircay en general, para ello, se realizó un esquema de porcentajes de falencias en los apartados que fueron validados en el campo, dando una certeza de cómo se encuentra la información de la base de datos en contraste con la realidad.

En la gráfica a continuación (figura 17) se registra que el apartado de tipo de riego es el que mayor porcentaje de error tiene, coincidiendo con lo visto en las figuras anteriores, en su mayoría por la falta de información del tipo de riego específico que se utiliza, el área regada le sigue en porcentaje de error, además de estar ligada al riego, se encuentra vigorosamente influenciada por el uso y aprovechamiento, si este último llega a cambiar, el área regada también, sumando o restando información de ser necesario en este apartado; vemos que el uso específico del agua también tiene un porcentaje considerable de error, no solo porque su uso está mal especificado sino porque el agua estaba siendo aprovechada para otras actividades, como por ejemplo la extensión uso doméstico en la mayoría de los casos creando un déficit notable en los servicios de agua potable relacionándose con lo planteado por (Bravo & Zhumi, 2012). Las coordenadas tienen un porcentaje de error del 8,50%, haciendo referencia a toda la nueva información que se tomó en el campo debido a que las ubicaciones no eran las correctas, el estado de vigencia de las concesiones comparte el mismo porcentaje de error, la vigencia hace referencia a si la concesión se encontraba o no en funcionamiento, la base de datos no contaba con esta información y tuvo que ser rellenada después de la validación.

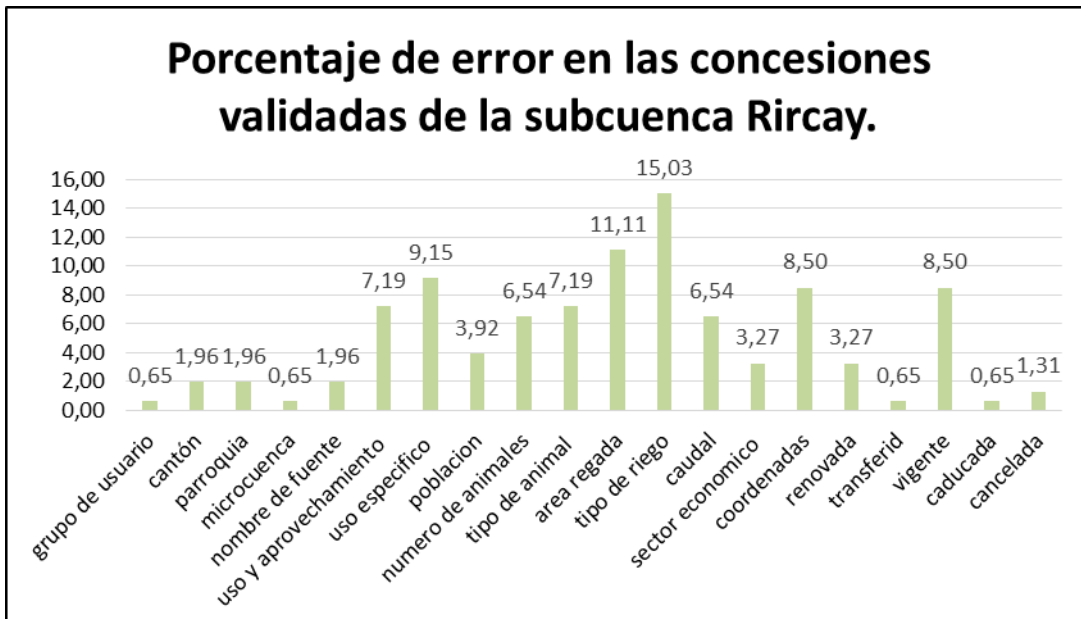


Figura 17: Gráfica de porcentajes de error en las concesiones validadas de la subcuenca.

Fuente: Autoría propia

Para expresar de manera gráfica los errores en el apartado de tipo de riego, la tabla 8 indica un registro del número de concesiones con los dos diferentes tipos de riego y su apartado con otros tipos, de las 100 concesiones originales en contraste de las 79 concesiones validadas; se muestra una falta de información dentro de las concesiones originales en todos los campos, también se nota una diferencia en la cantidad de concesiones con riego por aspersión, que es el que predomina en la subcuenca, siendo mayor en las concesiones validadas y menor en las originales, este es el error que más se repite en las concesiones a lo largo de la subcuenca, al contrario del riego por gravedad que en las concesiones validadas este número es menor, una vez más estos resultados concuerdan con lo planteado por la investigación (Fajardo, 2010) y (Martínez, 2012) los sistemas de riego por aspersión han tenido más auge en los últimos años debido al ahorro de agua que representa utilizar estos y la facilidad de instalación, cubriendo gran parte del campo sin desperdiciar el recurso, esto contrarresta a los resultados de problemas encontrados en la subcuenca por (Bravo & Zhumi, 2012) en donde indica que existe una gran carencia de agua para riego. Por otro lado en contraste con lo planteado en el Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Isabel y San Fernando, no existen muchos reservorios de agua para su aprovechamiento.

Tabla 8: Comparación de los apartados de tipo de riego en las concesiones originales en contraste con las concesiones validadas.

Tipo de riego	Número de concesiones originales que usan este tipo de riego	Número de concesiones validadas que usan este tipo de riego
Aspersión	6	19
Gravedad	13	8
Otros	9	10

Fuente: Autoría propia

Debido a que no se conoce el caudal de las nuevas áreas tomadas, fue preciso realizar un caudal promedio para las nuevas áreas de riego, la tabla 9 muestra una división entre los nuevos datos de área regada y los caudales plasmados en la base de datos original y con esto se obtuvo el valor de caudal promedio, dando como resultado 0,69 l/s.He. Este valor es una mera aproximación pero puede ser tomado en cuenta para suplir necesidades hídricas de concesiones con información errónea sobre el área de riego, si este valor no logra cumplir con su objetivo, también se puede aplicar la información proporcionada por (Quimbiamba et al., 2019) que indica que se pueden aplicar caudales promedio de 950,55 l/s para áreas de 1666,36 he, y así deducir la cantidad de caudal necesario para cierta área. Este estudio se realizó en climas, sembríos y condiciones iguales a la subcuenca Rircay y por lo mismo es sumamente aplicable.

Tabla 9: Caudal promedio para las nuevas áreas en la subcuenca.

Área regada (He)	Caudal (Q) L/S	Q/A L/S*He
20	8,56	0,428
20	11,43	0,572
2.5	0,15	0,060
26	1,88	0,072
8	52,56	6,570
8.5	0,41	0,047
3	1	0,333
2	0,82	0,410
2	0,05	0,025
2	0,1	0,050
3	0,4	0,133
3	0,07	0,023
2	0,7	0,35
Promedio		0,697

Fuente: Autoría propia.

4.2.3 Porcentaje general de datos validados dentro de la subcuenca Rircay.

Una vez que se ha establecido la realidad de la información que se validó en el campo en función de los apartados de la base de datos, las alturas de la subcuenca y la subcuenca en general, se realizó un conteo general de las concesiones con errores, las concesiones con información correcta y las concesiones anuladas, resultando en 21 anuladas, 14 con datos correctos en cada apartado y 65 con errores en dos o más apartados de la base de datos, la figura 18 a continuación muestra esta sumatoria medida en porcentajes de todos estos parámetros.

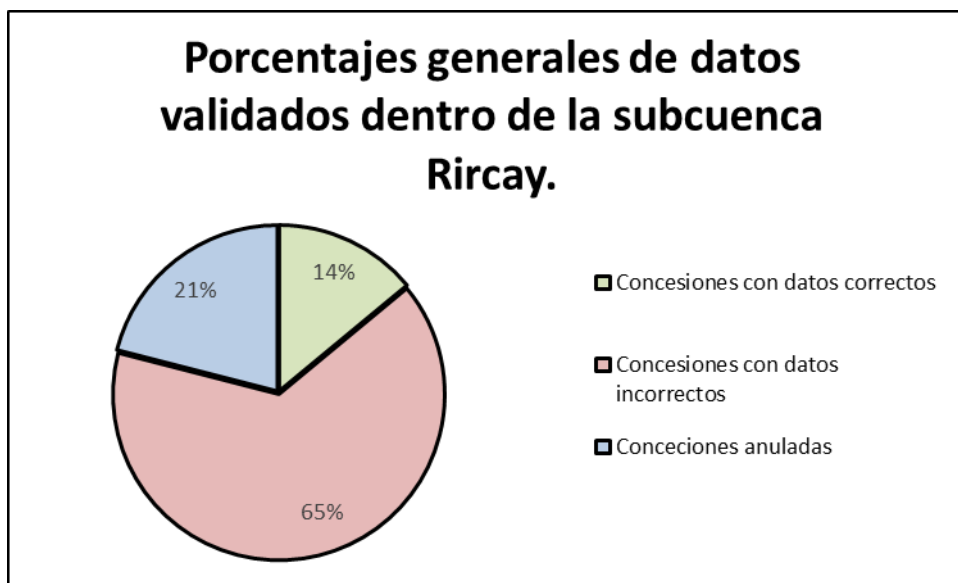


Figura 18: Gráfico de porcentajes generales de datos validados dentro de la subcuenca.

Fuente: Autoría propia

4.2.4 Mapas comparativos luego de la validación

En este apartado se muestran dos mapas comparativos de las concesiones dentro de la subcuenca Rircay, antes y después de la validación, evidenciando el contraste que existe entre los datos tomados en el año 2015 en contra los del año 2021; al ser mapas de ubicación las concesiones están situadas en función de los cuatro cantones en los que se ubicaron las concesiones y cada una de estas están representadas por sus usos. La figura 19 muestra el mapa original de la subcuenca, el cual contiene 100 concesiones, cada una de ellas ubicadas en las coordenadas originales dispuestas por la base de datos al igual que los usos originales, mientras que la (figura 20) presenta las 79 concesiones que fueron validadas debido a que las que se descartaron tenía información completamente errónea, se encuentran las nueve concesiones que cambiaron sus coordenadas, además de mostrar los cambios en los usos de las concesiones y las que cumplen con todos los datos establecidos en la base de datos.

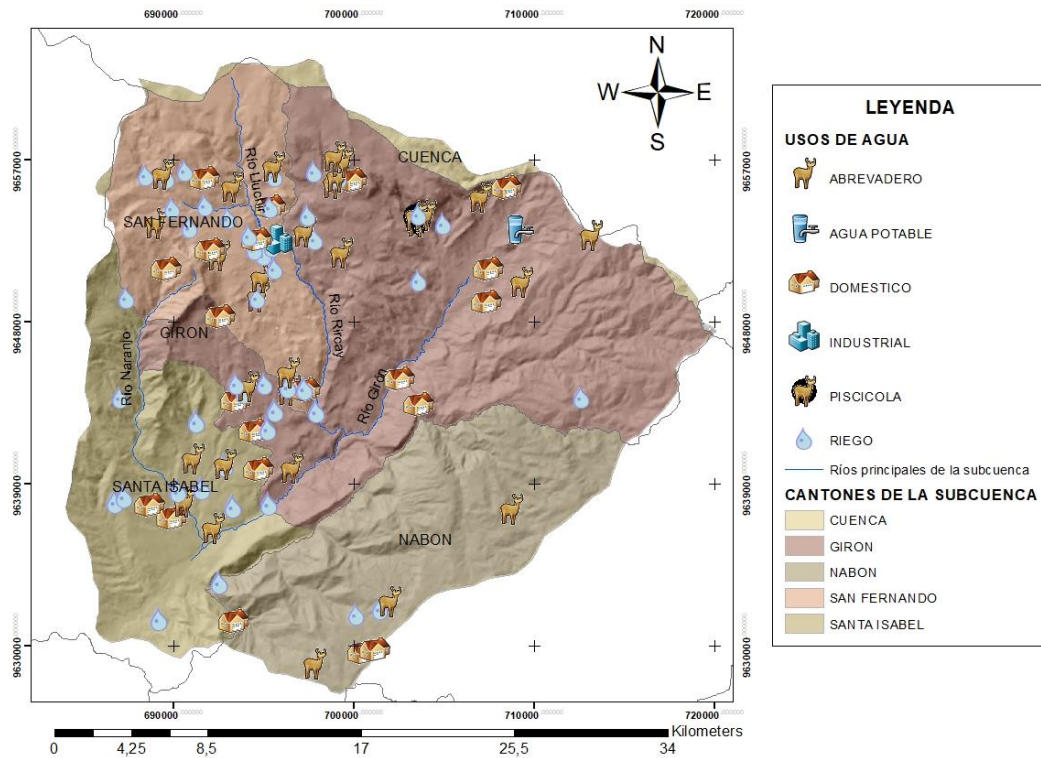


Figura 19: Mapa de ubicación de usos de agua a validar.

Fuente: Autoría propia

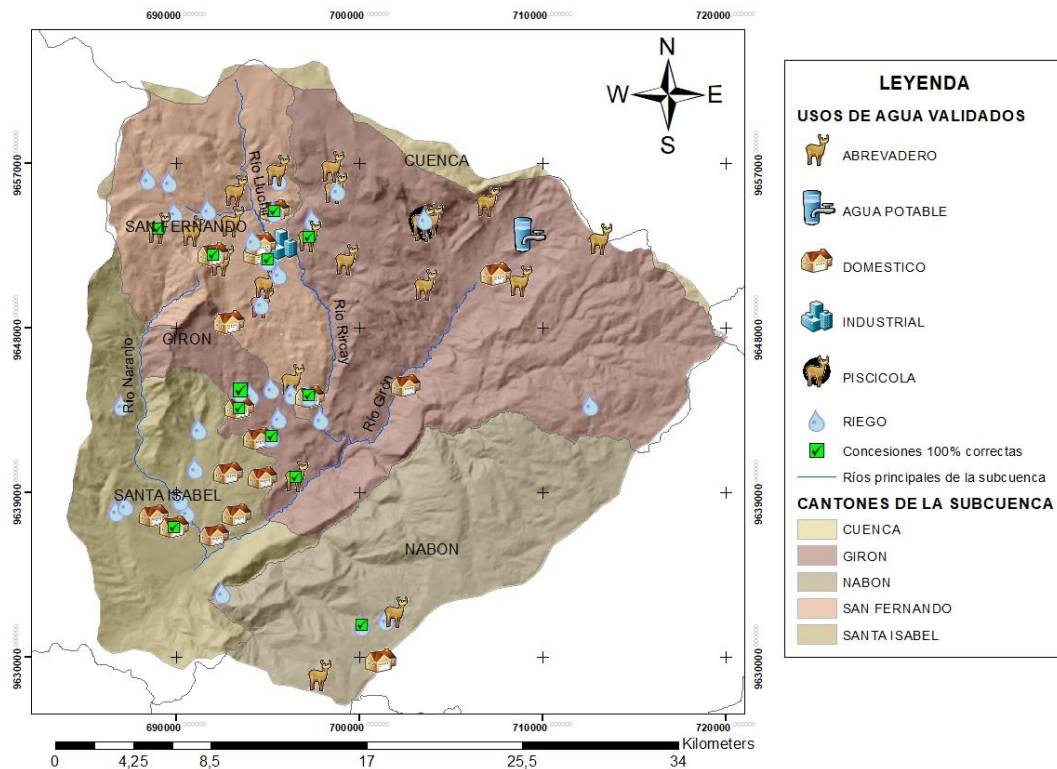


Figura 20: Mapa de ubicación de usos de agua validados.

Fuente: Autoría propia

Al realizar la comparación se puede apreciar que existe un número mayor de concesiones que utilizan el agua para riego en tanto en el mapa de concesiones originales como en el mapa validado,

le siguen a estos los usos de abrevadero y uso doméstico esto se debe a que la principal actividad económica dentro de la subcuenca es la ganadería y agricultura, por lo tanto se necesita mayor alimento para el ganado y regar los productos para cultivos, además de que en San Fernando y Girón, dos de los cantones más representativos dentro de la subcuenca se dedican a la producción de lácteos y sembríos de maíz y frejol; la (tabla 10) presenta un cuadro de comparación entre los números de concesiones con sus respectivos usos de agua, entre las 100 concesiones elegidas para validar y las 79 concesiones que resultaron de la validación, junto con el número de concesiones que cuentan con todos los apartados correctos dentro de la base de datos, también se nota la disminución del uso doméstico ya que estos se extendían al uso para riego, no todas las zonas cuentan con agua potable y que se establecen tiempos de usos para actividades de producción y agua potable, por ejemplo en el cantón Santa Isabel, se realizan reservorios para diversos usos.

Se puede notar una constancia en los usos de agua, el riego siendo el predominante y las concesiones con usos para agua potable, industrial y piscícola no cambian en ninguno de los dos mapas.

Tabla 10: Tabla de relación de concesiones validadas y sin validar con respecto al uso y aprovechamiento del agua.

Uso y aprovechamiento	Concesiones sin validar	Concesiones validadas	Concesiones correctas después de la validación
Riego	46	37	6
Abrevadero	28	21	3
Domestico	22	17	5
Piscícola	2	2	0
Industrial	1	1	0
Agua potable	1	1	0

Fuente: Autoría propia

4.3 Correlación de usos de agua con usos de suelo.

La correlación se obtuvo comparando los datos de la variable de área de los usos de suelo de la subcuenca con el número de concesiones validadas que se encontraban dentro de estas áreas; la figura 21 muestra gráficamente el resultado de la correlación, dando por sentado que el uso para pastizal es el que mayor porcentaje de terreno cubre, por lo tanto, existe por lo menos una concesión con los seis tipos de uso de agua dentro de esta, en consecuencia mientras más área de pastizal hay, más usos de agua se encuentran. Las concesiones con uso de agua para riego son las que predominan en la subcuenca, solamente dentro del uso para Pastizal existen 19 concesiones con este uso de agua, 17 concesiones para uso de abrevadero, siete concesiones para uso doméstico, dos para piscícola y una para industria y agua potable. El uso de vegetación arbustiva es el que le

sigue en extensión y número de concesiones, siendo en uso de riego una vez más el predominante pero con la diferencia de que el uso doméstico se encuentra en mayor cantidad que el uso para abrevadero. Con estos datos y la muestra gráfica se obtuvieron los resultados tanto del Coeficiente de Relación de Pearson como el Coeficiente de Determinación (R^2).

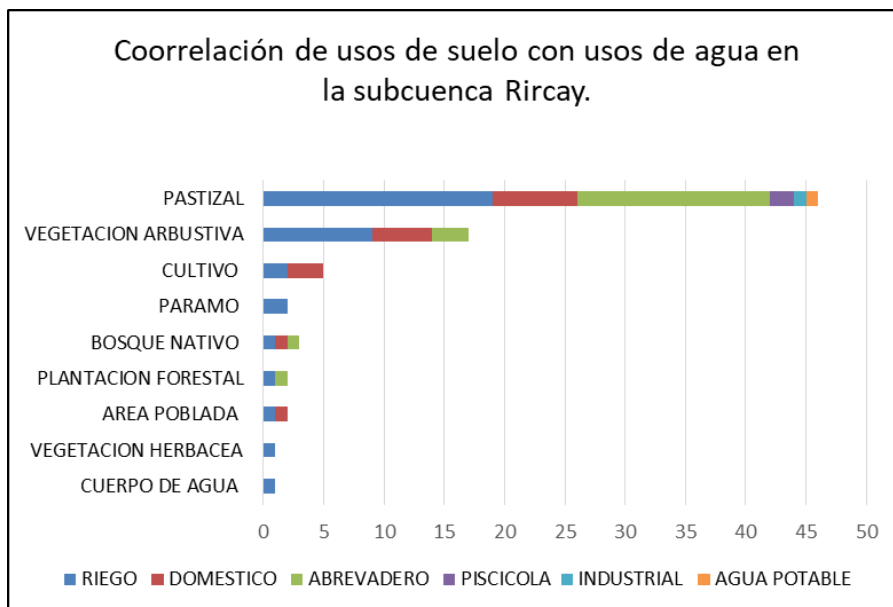


Figura 21: Gráfico de correlación de usos de suelo con usos de agua en la subcuenca Rircay.

Fuente: Autoría propia

4.3.1 Coeficiente de Relación de Pearson.

Para obtener la correlación se realizó una gráfica en Excel (figura 22) con los datos de área de uso de suelo y concesiones con los usos de agua, y se aplicó la fórmula del coeficiente con los datos de esta. La grafica es un diagrama de dispersión el cual nos indica una relación positiva directa entre las dos variables; aplicando la formula, el resultado obtenido fue de: 0,83459223, este es un valor cercano a uno por lo que se puede interpretar que existe evidencia estadística suficiente para afirmar que hay una relación alta entre los usos de suelo de la subcuenca del río Rircay y los usos de agua de la misma.

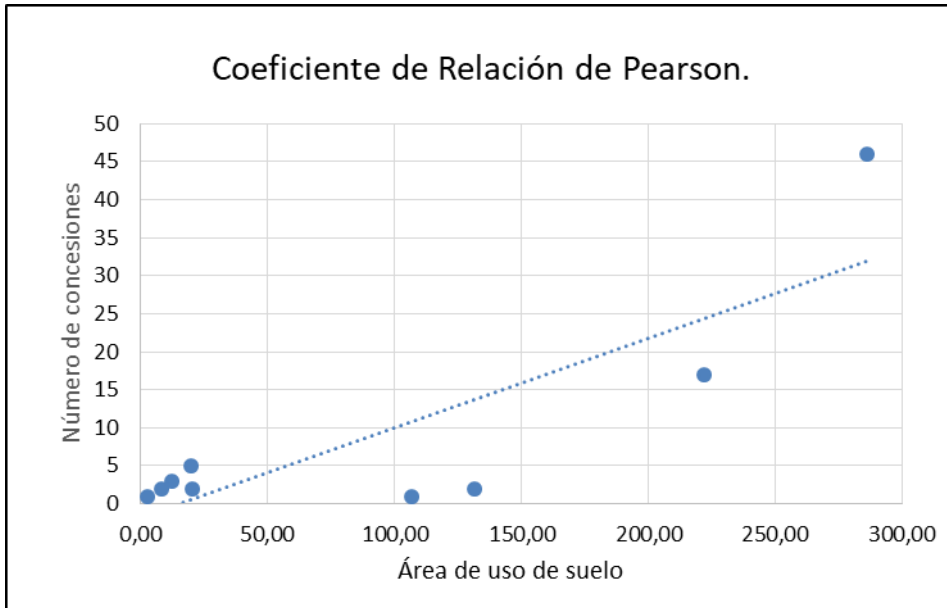


Figura 22: Gráfica de diagrama de dispersión del Coeficiente de Relación de Pearson.

Fuente: Autoría propia

Tabla 11: Tabla de resultados del coeficiente de relación de Pearson dado por Excel.

Coeficiente de relación de Pearson	Uso de suelo	Uso de agua
Área de uso de suelo	1	
Concesiones con usos de agua	0,83459223	1

Fuente: Autoría propia

4.3.2 Coeficiente de determinación o R^2 .

El coeficiente de determinación, al igual que el de Pearson, tienen la finalidad de demostrar que tan alta es la relación entre dos variables, para determinar este coeficiente se realizó, una vez más, un diagrama de dispersión, solo que a este se le agregó una línea de tendencia, la cual indica de manera intuitiva el valor de R^2 , en este caso el valor es igual a: 0,6965 (figura 23), siguiendo la misma lógica del coeficiente anterior, este valor está relativamente cerca de uno, por lo que la línea de regresión está ajustada correcta y positivamente a la variable real, y se puede sostener la existencia de la relación entre ambas variables, hay mayor fiabilidad en caso de que se requieran hacer predicciones y demuestra una vez más que los usos de agua y suelo están influenciados el uno del otro.

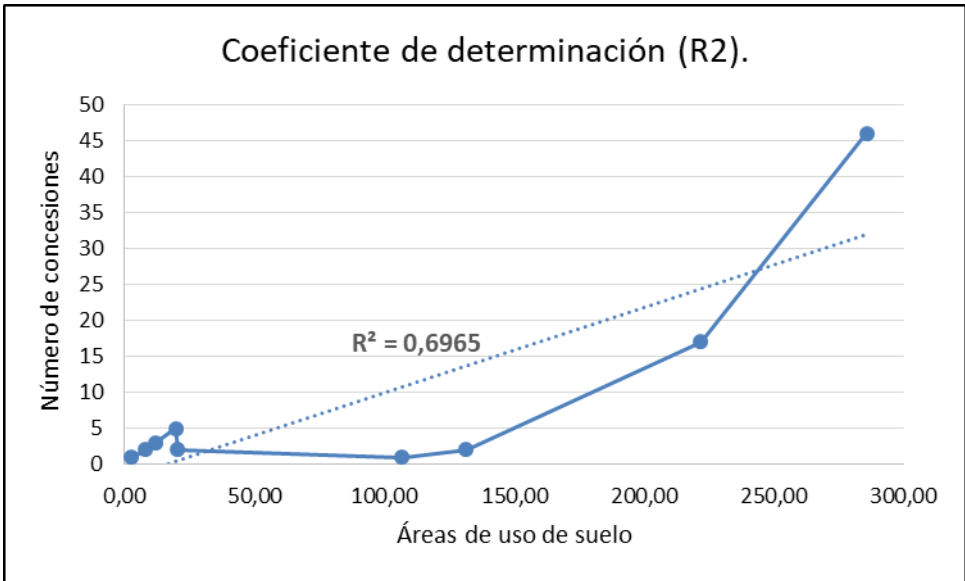


Figura 23: Gráfica de diagrama de dispersión de coeficiente de determinación o R².

Fuente: Autoría propia.

La figura 24 muestra una gráfica del comportamiento de las dos variables de uso de suelo y agua, en donde se puede observar la correlación por medio de la tendencia positiva que tienen estas, y como los coeficientes determinan la bondad de ajuste entre las dos, asegurando que a mayor cantidad de área de uso de suelo, mayor cantidad de uso de agua, siendo el uso de suelo para Pastizal el predominante y el uso de agua para Riego el predominante en la subcuenca.

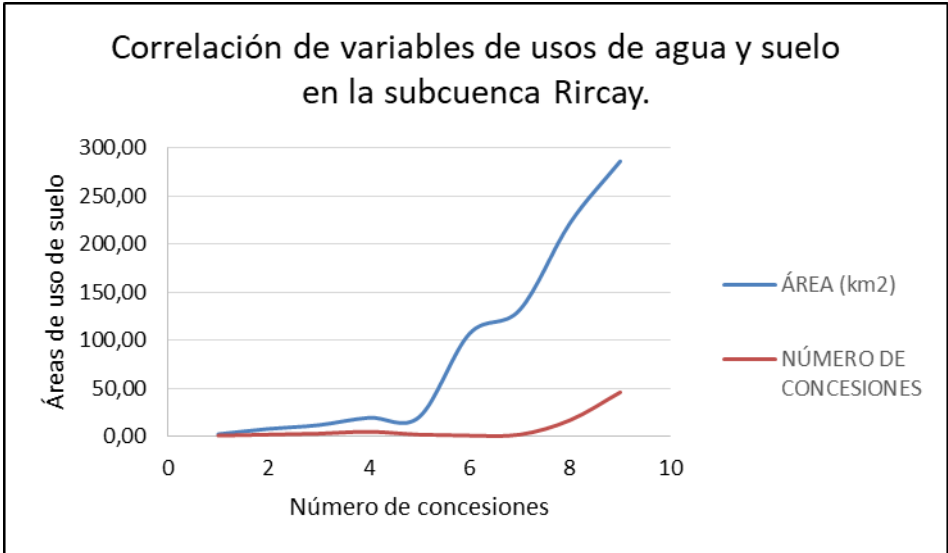


Figura 24: Gráfico de variables de correlación de usos de agua y suelo en la subcuenca Rircay.

Fuente: Autoría propia

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

Se validaron las concesiones de agua presentes en el inventario hídrico de la subcuenca del río Rircay mediante un estudio estadístico de los datos existentes en 100 diferentes puntos de dotación, esta validación fue importante porque asegura una gestión correcta del recurso hídrico mediante el conocimiento de la información actual de agua en la zona de estudio.

La información que se analizó del inventario de usos de agua en de la subcuenca contiene gran cantidad de datos incompletos, falencias en la documentación, apartados nulos o sin ninguna clase de información; la base de datos originalmente contaba con 61 apartados de los cuales nueve fueron completamente descartados, cuatro por no contener información alguna y cinco por presentar códigos que no pudieron ser interpretados. El inventario está conformado en un 90% por la ubicación geográfica de las concesiones, apartado que cuenta con datos completos, pero como se determinó en el campo, una parte importante de estos fueron anulados por estar tomados en ubicaciones erróneas; en cuanto a los grupos de usuarios, 98% son de tipo particular y de estos el 72% lo aprovechan personas naturales, en el apartado de tipo y nombre de fuente de aprovechamiento se recálcala las vertientes como fuentes predominantes ya que el 73% de la subcuenca se abastecen mediante este tipo, los usos y aprovechamiento de agua son confusos debido a que tiene un uso en general y un uso específico que no se determina con exactitud a que hace referencia o como se llegaron a tomar este tipo de datos y el tipo de ganadería vacuna es la que más se aplica debido al modelo económico de la subcuenca con un 97%.

Los apartados más relevantes para la validación son los de uso y aprovechamiento, dominando el uso de agua para riego en un 42%, le sigue el uso doméstico con un 30%; el tipo de riego, el cual muestra al riego por gravedad como el más usado en la subcuenca contrariamente con la realidad en campo, y el estado de las concesiones, en donde también se presentan discrepancias en cuanto a la vigencia de las concesiones.

Existe una notable carencia de información acerca de la economía de la subcuenca, oferta y demanda del agua, zonas vulnerables, y fuentes y tipos de contaminación, privando de conocimiento invaluable para mejorar estrategias de intervención o garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico.

Se determinó el número propicio de personas que se supone deberían aprovechar los caudales de agua para el uso doméstico, en su mayoría el volumen de caudal entregado es excesivo para el pequeño número de personas o habitantes que lo utilizan, resultando en un desperdicio del recurso hídrico, esto debido a la falta de conocimiento de medidas de caudal por parte de los lugareños y al escaso control de las autoridades para determinar estas medidas.

Se verifico que el inventario hídrico tiene un cumplimiento del 14% de información correcta con respecto a lo declarado en el inventario y lo verificado en campo. Además de no registrar

información acerca de las vías de acceso a las parcelas y sus niveles de contaminación, estos datos fueron agregados durante la validación, resultando en que tan solo el 30% de las concesiones validadas presentan contaminación por desechos inorgánicos. La base de datos contiene errores en más de la mitad de las concesiones validadas en la subcuenca, recalcando las falencias en los apartados de “tipo de riego” con un 25% de errores y “uso y aprovechamiento” con un 22%, las discrepancias en este apartado repercuten en todos los demás apartados dentro de una concesión, logrando que su información no sea cercana a la realidad.

En cuanto al “tipo de riego” el inventario indica que el predominante se da por gravedad; mientras que lo verificado en campo muestra que la mayoría de concesiones aplican el método de riego por aspersión; “área regada” en donde la desigualdad se da por el cambio de uso de agua, o por el tipo de riego e incluso por el estado de la concesión produciendo errores en este apartado.

La subcuenca alta es la que presenta un 88% de errores, y más de una 47% de coordenadas anuladas, la anulación se dio porque las coordenadas dentro del inventario no llevaban a ningún punto de dotación aparente, a lo largo de toda la subcuenca se determinaron 21 concesiones con datos de coordenadas inexistentes; la subcuenca media presenta un 83% de errores y la subcuenca baja un 78% de errores.

Se logró determinar una correlación entre los usos de suelo y usos de agua de la subcuenca mediante dos coeficientes estadísticos, que demostraron que mientras más área de uso de suelo exista, más usos de agua se dan en estas áreas, específicamente, se demostró que debido a que el área de uso de suelo para Pastizal es la de mayor influencia en la subcuenca, la mayor cantidad de usos de agua se dan en esta área, siendo el uso para Riego el predominante como se mencionó anteriormente, además con el dato obtenido del Coeficiente de Determinación es posible realizar predicciones de los comportamientos futuros de estas dos variables estudiadas.

La información del inventario hídrico del año 2015, contiene falencias y discrepancias comparados con respecto a la realidad del campo en el año 2022, falencias atribuidas al lapso de tiempo transcurrido entre la realización y validación del mismo, recalcando los cambios en los tipos de riego, coordenadas tomadas a varios metros de distancia de la ubicación real de las concesiones y otras que contienen coordenadas donde no existen ningún tipo de concesión, varios cambios en los usos de agua, población y valor de caudal que prácticamente anulan la veracidad de la información, además, el inventario no cuenta con información necesaria acerca de la contaminación o la realidad socioeconómica, todo esto debido a su estado de desactualización. Lamentablemente la validación ha demostrado que mucha de la información documentada contiene discrepancias, pero estas pueden ser resueltas y actualizadas, basándose en la información de la validación.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar revisiones anuales del inventario hídrico de la subcuenca de río Rircay debido a la gran cantidad de información errónea que se encuentra en el inventario ocasionada por el tiempo que ha transcurrido entre su creación, las actividades antropogénicas e influencias naturales han desactualizado la información.

En caso de realizar un nuevo inventario o realizar una validación, se recomienda dividir la subcuenca por cantones, ya que así se facilita y se agiliza el proceso de toma de información por la limitación de área por cubrir y porque existe una tendencia en las zonas altas de los cantones en donde la información tiende a tener mayor cantidad de fallas.

Si se va a utilizar la información del inventario hídrico existente, tomar en cuenta principalmente la ubicación de las concesiones ya que en muchos casos las coordenadas están tomadas en puntos en donde no existen concesiones o siquiera vías de acceso o simplemente las coordenadas se encuentran ubicadas varios metros lejos de la concesión.

Dar a conocer a los actores encargados de la protección del agua dentro de la subcuenca acerca de los proyectos de creación, validación y actualización de inventarios hídricos y la relevancia de que estos sean de dominio público.

El inventario hídrico cuenta con información relevante que puede ser utilizada desde instituciones hasta personas naturales, pero su vejez limita el aprovechamiento del mismo, es necesario incentivar a la población a que se exija una actualización de esta documentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., & Martínez, E. (2010). *AGUA Un derecho humano fundamental* (1era. Edición).
[https://therightsofnature.org/wp-content/uploads/pdfs/Espanol/Acosta_Martinez\(comp\)_Derecho_Agua_2010.pdf#page=7](https://therightsofnature.org/wp-content/uploads/pdfs/Espanol/Acosta_Martinez(comp)_Derecho_Agua_2010.pdf#page=7)
- Aranda, D. F. C. (1984). *Procesos del ciclo hidrológico*. UASLP.
- LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 23 (2014).
- Bakker, K. (2012). Water Security: Research Challenges and Opportunities. *Science*, 337(6097), 914-915. <https://doi.org/10.1126/science.1226337>
- Borja, J., & Valdivia, R. (2002). *Introducción a la agronomía*. 127.
- Bravo, P. F., & Zhumi, F. S. (2012). *Elaboración de una propuesta de gestión vial en las subcuencas de los ríos San Francisco y Rircay en el marco del desarrollo económico territorial*.
- Cárdenas, I. P., & Neira, J. D. (2008). *DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PROVINCIA DEL AZUAY E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE MONITOREO RÁPIDO*.
- CNRH, PROMACH, IEDECA, & CESA. (2004). *INVENTARIO Y DIAGNOSTICO DEL RECURSO HIDRICO PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. <https://core.ac.uk/download/pdf/48034681.pdf>
- Comisión de cuencas e inventarios. (2005). *Guía Metodológica de inventarios de los recursos hídricos* (Primera).
<https://www.camaren.org/documents/guiainventarios/guiainventarios.pdf>
- CONAF. (1998). *Economía ambiental y su aplicación a la gestión de cuencas hidrográficas*.
<http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/29331/ecoamb%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Debels, P., Barra, R., Jaque, E., & Parra, O. (2006). *Diagnóstico de la calidad del agua del Río Damas: Uso del suelo y producción hídrica*. Unesco.
- EX-IEOS. (1993). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000*

- HABITANTES*. (p. 420). <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>
- Fajardo, J. R. (2010). *DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE GERENCIAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL JUBONES*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.
- GAD- San Fernando. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San Fernando* (p. 228). Gobierno Autonomo Descentralizado.
- GAD- Santa Isabel. (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Santa Isabel*. Gobierno Autonomo Descentralizado.
- GAD-Girón. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón* (p. 235). Gobierno Autonomo Descentralizado.
- GAD-Nabón. (2014). *Pla de Ordenamiento Territorial del Cantón Nabón* (p. 282). Gobierno Autonomo Descentralizado.
- García, D., & Gonzales, M. (1998). *EL CONCEPTO DE CAUDAL ECOLÓGICO Y CRITERIOS PARA SU APLICACIÓN EN LOS RÍOS ESPAÑOLES*.
https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/Libros/pdf/caudal_ecologico.pdf
- García, M. C., Piñeros Botero, A., Bernal Quiroga, F. A., & Ardila Robles, E. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 36, 60-64.
- Goldberg, J. (2007). *Valoración económica de las cuencas hidrográficas: Una herramienta para el mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos*. 18.
- Gómez, C. (2011). *CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICA DE LA CUENCA LA HONDA, COMO PARTE DEL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO QUE IMPLEMENTA EL CONCEJO DE GOBIERNO DEL RÉGIMEN ESPECIAL DE GALÁPAGOS*.
- Guillén, A., & Crespo, R. (2006). *Métodos estadísticos para enfermería nefrológica*. SEDEN.
- Hernández, J. D. H., Peñaloza, E. P., Espinosa, J. F., Rodriguez, J., Chacón, J. G., Toloza, C. A., Arenas, M. K., Carrillo, S. M., & Bermúdez, V. J. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: Definición, propiedades y suposiciones*. 9.

- INEN. (2003). *Normas de Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf
- Isch, E., Campaña, A., Nieto, C., & Rengel, A. (2011). *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla* (Primera). CAMAREN.
- Jiménez-Cisneros, B. (2015). Seguridad hídrica: Retos y respuestas, la fase VIII del programa hidrológico internacional de la Unesco (2014-2021). *Aqua-LAC*, 7(1), 20-27.
<https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2015-v7-1-03>
- Limones, N., Cuevas, P., & Marzo-Artigas, J. (2013). *EL INVENTARIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA. TRATAMIENTO DEL TEMA EN LA PLANIFICACIÓN OFICIAL VIGENTE*.
- Martínez, J. M. (2012). *Diagnóstico del inventario de recursos hídricos en la provincia del Azuay*. 237.
- Matovelle, C. (2021). *Páramo to pasture conversion in a mountain watershed: Effects on water quality and quantity*.
- Meybeck, M., Peters, N. E., & Chapman, D. (2005). *WATER QUALITY*.
- Mirassou, S. B. (2009). *La gestión integral de los recursos hídricos: Aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua*.
<http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/1365>
- Morejón, H. P., & Sinchi, E. R. (2015). *Análisis de las características funcionales y estructurales de los asentamientos poblacionales que apoyan la definición de tipologías*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22542>
- Novales, A. (2010). *Análisis de Regresión*. 116.
- Núñez, W. (2018). *El derecho fundamental al agua dentro del marco del servicio público de agua potable en el Ecuador*. [Universidad Andina Simón Bolívar].
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6190/1/T2619-MDE-Nu%C3%B1ez-El%20derecho.pdf>
- Olaya, V. (2016). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Ordóñez Gálvez, J. J. (2012). *Cartilla técnica: ¿qué es cuenca hidrológica?* Sociedad Geográfica de Lima : Foro Peruano para el Agua.

- PRONAMACHCS. (2000). *Inventario y Planeamiento de Recursos Hídricos de Microcuencas*.
- Quimbiamba, P. M. A., Calle, R. S. O., & Ortega, Y. G. C. (2019). Distribución de caudales de riego para las comunidades de la UCICMA - Imbabura. *Siembra*, 6(2), 037-045.
<https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1562>
- Rendón, L., & Hidalgo, J. (2003). *LA CUENCA: un elemento vital en la respuesta a la crisis del agua*. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/54_1/la_cuenca_agua.pdf
- Restrepo, L., & González, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 183-192.
- Schejtman, A., & Berdegué, J. A. (2004). *Desarrollo Territorial Rural*.
- Senplades. (2009). *EVALUACION SOCIAL Y TECNICA DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN LA SUBCUENCA DEL RIO VIVAR*. <https://es.slideshare.net/SENPLADESZ6/inventario-hdrico-del-rio-vivar>
- SUIA. (2016). *PLAN HIDRÁULICO REGIONAL DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA JUBONES*. <http://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA%20DH%20JUBONES.pdf>
- Vela, H. (2008). *Situación actual de la oferta y demanda hídrica como servicio ambiental en la subcuenca yuracyacu*.
- WWF. (2010). *Caudal Ecológico Salud al ambiente, agua para la gente*. 4.

ANEXOS

Anexo 1: Formato de ficha de información para la validación del inventario.

Ficha de inventario de fuentes y captaciones

1. Datos generales y localización

1.1. Código

1.2. Sistema hídrico

1.2.1 Sistema

1.2.2 Cuenca

1.2.3 Subcuenca

1.2.4 Microcuenca

1.3. Sistema administrativo

1.3.1. Cantón

1.3.2. Parroquia

1.4. Coordenadas

1.4.1. Y

1.4.2. X

1.4.3. Accesibilidad a la fuente

Vía accesible Sendero

2. Fuente de captación

2.1. Tipo de fuente

Acequia Aguas Servidas Ciénegas/Pantanos/Humedales

Lago/Laguna Pozo Quebrada Remanentes Río

Vertientes, Manantial Acuífero

2.2. Nombre de fuente

2.3. Tipo de captación

3. Caracterización

3.1. Grupo de usuario

3.2. Tipo de usuario

Particular Particular/Estatal Particular/Mixto

3.3. Número de usuarios

3.4. Población

3.5. Uso y aprovechamiento

3.5.1. Agua potable

3.5.2. Domestico

3.5.3. Industrial

3.5.4. Piscícola

3.5.5. Abrevadero

Tipo de ganado: Avícola Porcino Vacuno Mixto

Número de animales:

3.5.6. Riego

Tipo de riego: Gravedad Aspersión Otros

Área bajo riego (He):

3.5.7. Cultivo:

3.5.8. Uso específico:

3.6. Caudal (l/s)

3.7. Sector económico

Agrícola Social industrial

3.8. Estado actual de la concesión

Renovada Transferida Vigente Caducada Cancelada

3.9. Está resguardada la fuente

NO

SI Cerca de alambre Reforestada

3.10. Estado físico de la concesión

Bueno Regular Malo

4. Calidad del agua

4.1. Presenta contaminación

De la Fuente Alrededor

4.1.1. Tipo de contaminación:

Agropecuario Desechos Orgánicos Desechos Inorgánicos Minería

5. Validación

Cumple con las especificaciones presentadas en la base de datos estudiada

SI NO

6. Observaciones

.....
.....
.....
.....
.....

Anexo 2: Registro fotográfico.



Foto 1: Ejemplo de concesión que utiliza el tipo de riego por aspersión y gravedad.



Foto 2: Toma de nuevas coordenadas para ajustarlas a la concesión a validar.



Foto 3: Registro de las encuestas realizadas a la población de la subcuenca del río Rircay.



Foto 4: Medidor de agua de donde se obtuvieron datos de caudal



Foto 5: Ejemplo de concesión con uso de agua para abrevadero



Foto 6: Contenedor de agua para uso de riego



Foto 7: Aspersor usando agua de vertiente



Foto 8: Ejemplo de concesión tomada en coordenadas descartadas.



Foto 9: Evidencia de entrevista en concesión con uso de agua domestico



Foto 10: Proceso de toma de agua para cálculo de caudal.

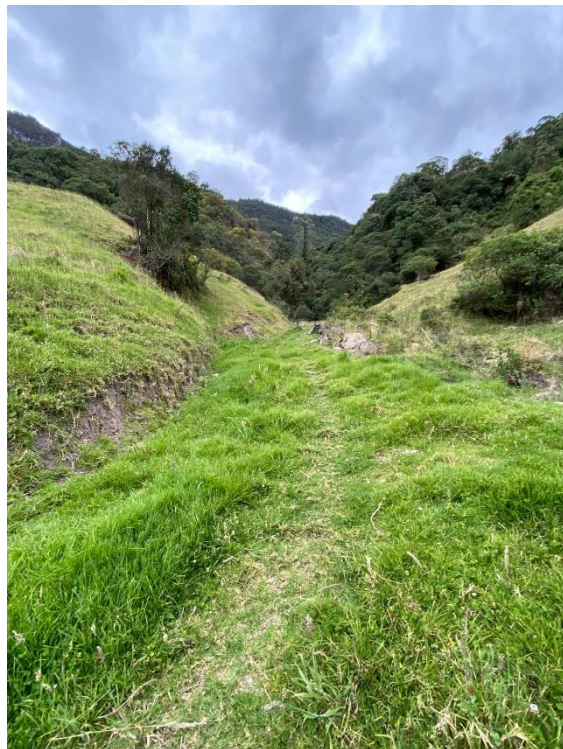


Foto 11: Concesión con vía de acceso por sendero

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Francisco Sebastián Ochoa Solano** portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106818974. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**VALIDACIÓN DEL INVENTARIO DE USOS DE AGUA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO RIRCAY**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **20 de abril de 2022**



F:.....

Francisco Sebastián Ochoa Solano

0106818974