

IMPORTANCIA DE LAS CUENCAS CACHI MAYU Y CAJAMARCA EN SUCRE: UNA REVISIÓN BASADA EN ECORREGIONES, POLÍTICAS Y SERVICIOS AMBIENTALES

Importance of the Cachi Mayu and Cajamarca basins in Sucre: a review based on ecoregions, policies and environmental services

Julio Montero Torres¹

RESUMEN

Con la aparición del hombre, la población creciente, el avance científico y tecnológico, la expansión social y económica, se llegó a formar una nueva esfera del ecosistema planetario. Aunque, los procesos que se desarrollan dentro de esta y su interacción con la atmósfera, hidrósfera, litósfera y la biósfera juegan un rol importante en la dinámica del actual ecosistema global. En este contexto, el objetivo es buscar información sobre los componentes del medio natural como el suelo, agua, litología, geomorfología y la fauna que funcionan como un sistema permanentemente brindando servicios ambientales para la sociedad y las poblaciones locales establecidas en un determinado territorio; desde una perspectiva transdisciplinar. En este caso respecto a la cuenca del río Cachi Mayu y la subcuenca de río Punilla de Cajamarca identificado con el *software* QGIS 3.28.3 de uso libre. Se evidenció la escasa información respecto a estudios actualizados multitemporales de flora y fauna, uso del suelo, acciones sobre el manejo integrado de cuencas a nivel de las subcuencas de Ravelo, Potolo, Maragua-Cachi Mayu y Cajamarca en la parte alta por su importancia en la provisión de agua para la ciudad de Sucre y en la parte baja de Maragua-Cachi Mayu por sus usos diversos en la zona. Existen debilidades en políticas, planes y programas en el manejo integrado de cuencas y en la gestión integral del recurso hídrico efectivos.

Palabras clave: agua, cuenca, gestión, políticas, servicios ambientales.

ABSTRACT

With the appearance of man, the growing population, scientific and technological advance, social and economic expansion, a new sphere of the planetary ecosystem was formed. Although, the processes that develop within it and its interaction with the atmosphere, hydrosphere, lithosphere and biosphere play an important role in the dynamics of the current global ecosystem. In this context, the objective is to seek information about the components of the natural environment such as soil, water, lithology, geomorphology and fauna that function as a system permanently providing environmental services for society and local populations established in a certain territory; from a transdisciplinary perspective. In this case, with respect to the Cachi Mayu River basin and the Punilla River sub-basin of Cajamarca identified with the free-use QGIS 3.28.3 software. The scarce information was evident regarding updated multi-temporal studies of flora and fauna, land use, actions on the integrated management of basins at the level of the Ravelo, Potolo, Maragua-Cachi Mayu and Cajamarca sub-basins in the upper part due to their importance in the provision of water for the city of Sucre and in the lower part of Maragua-Cachi Mayu for its diverse uses in the area. There are weaknesses in effective policies, plans and programs in the integrated management of basins and in the comprehensive management of water resources.

Keywords: water, basin, management, policies, environmental services.

¹ ✉ Docente e investigador, Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias y Tecnología, Bolivia. ORCID: [0000-0002-1575-3422](https://orcid.org/0000-0002-1575-3422). montero.julio@usfx.bo

INTRODUCCIÓN

Según Londoño (2001) el *Homo habilis* existió hace dos millones de años, luego el *Homo erectus* existió hace 1.6 millones de años, que posteriormente el hombre evoluciono al *Homo sapiens*, que vivió entre los años 100 000 - 35 000 en Europa, África del Norte y Asia, hasta llegar al *Homo sapiens sapiens*, especie representada por el hombre de *Cro - Magnon*. En estas épocas las comunidades de humanos, pueblos nómadas de pescadores y cazadores, interactuaban con su ambiente o entorno. Sin embargo, hace 12 000 años inicia el período neolítico conjuntamente las sedes de poblaciones, donde, el hombre se vuelve sedentario y comienza con las actividades de la agricultura y ganadería. Posteriormente las poblaciones se expandieron y se organizaron en lugares con clima, fauna y flora propicios que permitan su desarrollo. Durante un período largo, se formaron las civilizaciones. Asimismo, se desarrollaron actividades como la metalurgia y la industria en la que interactúa el hombre con el medio biofísico. Según la historia se destaca las relaciones sociedad-naturaleza, conocida como la revolución industrial del siglo XVIII, porque, en esa época se considera la interacción de la materia y la energía, con los flujos intensos de algunos elementos hacia la atmósfera. Con la aparición del hombre, la población creciente, el avance científico y tecnológico, la expansión social y económica, se llegó a formar una nueva esfera del ecosistema planetario (antroposfera). Pero, los procesos que se desarrollan dentro de esta y su interacción con la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera y la biósfera juegan un rol importante en la dinámica del actual ecosistema global.

En este contexto, es importante considerar la hidrografía, clima, geología, relieve, cobertura vegetal y uso del suelo que son elementos que caracterizan el paisaje en una cuenca determinada (Saavedra et al., 2019). Pero, los componentes del medio natural como el suelo, agua, clima, geología, litología, geomorfología, relieve, cobertura vegetal y la fauna funcionan como un sistema permanentemente brindando servicios ecosistémicos para la sociedad y las poblaciones locales establecidas en un determinado territorio. El paisaje socioecológico complejo, es un modelo para el análisis integral del territorio (Saavedra et al., 2019)

Actualmente, 28 millones de personas carecen de un afluente de agua mejorada, 83 millones de acceso a

instalaciones de saneamiento mejorado, 15.6 millones que aun practican la defecación en la intemperie a nivel panamericano (OPS, 2023). Por esta situación es necesario hacer una revisión sobre la importancia del agua para consumo humano en áreas urbanas como la ciudad de Sucre a partir del manejo integral de cuencas (MIC) y la gestión integral del recurso hídrico (GIRH) que provisionan este elemento vital que es recurrente sus escasas en el marco de los servicios ecosistémicos o ambientales.

Dentro de los ecosistemas tenemos varios recursos naturales como la flora y fauna, el suelo, agua, la radiación solar, el aire, la energía eólica, la energía de las mareas y el calor intraterrestre, elementos de vital importancia para la vida de la humanidad. En este contexto el objetivo del presente estudio es obtener información sobre la gestión en el manejo integrado de cuencas y la gestión integral de los recursos hídricos.

METODOLOGÍA

La revisión se basó en los criterios PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Inicialmente se realizó una revisión sistemática de la bibliografía preliminar de documentos que contenían las palabras clave sobre agua, cuenca, gestión, políticas, servicios ambientales y las que no contenían las excluimos. Las fuentes de información fueron *Google Academic*, *Web of Science*, *Scopus*, *Research Gate*, webs de instituciones públicas y privadas, base de datos, registros; la búsqueda fue desde 1951 al 2023. Para evitar el sesgo se tomó fuentes de artículos indexados, libros, base de datos institucionales y otras publicaciones en general. La síntesis se ha realizado manualmente seleccionando la bibliografía relacionada al estudio transdisciplinario (Nicolescu, 1996). En este caso respecto a la cuenca del río Cachi Mayu y la subcuenca de río Punilla de Cajamarca identificado con el *software* QGIS 3.28.3 de uso libre.

GENERALIDADES

Suelo

Es la capa superior de la corteza terrestre que sustenta la vida; es el interfaz entre la litósfera y atmósfera; interactúa con la biósfera e hidrósfera. Es un componente principal de todos los ecosistemas terrestres, elemental entre todos los recursos naturales. Los seres vivos en la tierra derivan directa o indirectamente del suelo. Sin embargo, los recursos del suelo en el mundo son finitos, no renovables,

distribuidos desigualmente en las diferentes ecorregiones y frágiles frente a perturbaciones drásticas. A pesar de la resiliencia inherente es expuesto a la degradación, disminución de su calidad debido al uso y gestión agrícola deficiente, contaminación con usos industriales y desechos urbanos. Por lo cual, el uso sostenible de los recursos del suelo, requiere comprender las propiedades y procesos que rigen su calidad, conservación y funciones de valor para los seres humanos. Es saber la teoría que describe propiedades, procesos, variaciones espaciales, temporales y el discernimiento del impacto de las perturbaciones naturales y antropogénicas que llevan a la identificación y desarrollo de sistemas de gestión sostenibles. La ciencia del suelo es importante para el manejo de los recursos naturales y el bienestar humano (Figura 1) (Lal y Shukla, 2004).

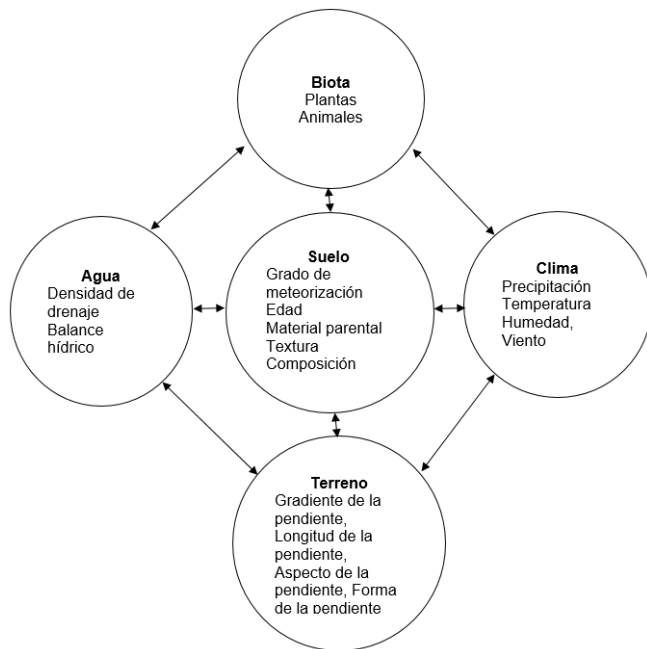


Figura 1. El suelo es un componente integral de un ecosistema, también compuesto por biota, clima, terreno y agua. Modificado de Lal y Shukla (2004).

Sin embargo, la comprensión humana de la biología y la ecología del suelo se remontan a la antigüedad y a la palabra escrita. Solo imaginamos sociedades de cazadores-recolectores relacionados a los ciclos de vida de las raíces de las plantas, hongos y animales del suelo, sustancial para sus dietas, bienestar, culturas y esencialmente condiciones ambientales favorables para tales organismos. La agricultura se habría desarrollado en parte por el conocimiento práctico de los suelos y sus características (físicas y biológicas) (Coleman, 2004; Eldor, 2007). Por lo tanto, el suelo es uno de los recursos indispensable

para la existencia humana y un componente esencial de la civilización en su conjunto. Es un recurso fundamental para la producción agrícola y el suministro de alimentos (Dedousis y Bartzanas, 2010).

Fisiografía

Es una asignatura relacionada con la geomorfología. Según la etimología la palabra fisiografía proviene del griego *physios* = naturaleza y *graphos* = descripción, esta describe las producciones de la naturaleza, también destaca al conjunto, orden y disposición de entidades que componen el globo terráqueo, litósfera, hidrósfera, biósfera y atmósfera (Villota, 1997; Claire, 2006). Sin embargo, para Goosen (1967) la fisiografía tiene por objeto describir, clasificar y correlacionar los paisajes terrestres, característicos de ciertos procesos fisiográficos que conducen al reconocimiento del patrón del suelo. En síntesis, la fisiografía es la geografía de suelos porque se enfoca en el estudio de las particularidades externas de los paisajes y la influencia que ellas ejercen sobre los rasgos internos o pedológicos de los mismos (Claire, 2006). No solo describe la litósfera (relieve, materiales, edad de las formaciones superficiales), como hace la geomorfología, sino también caracteriza el agua, clima y seres vivos. Pero desde un enfoque aplicado describe las geofomas del terreno, la interacción entre el clima, geología, origen y edad de los materiales rocosos, geomorfología, hidrografía, bióticos (antrópica) cuando inciden en el origen, conservación, aptitud, uso y manejo de los suelos. Sin embargo, a partir del análisis y la clasificación fisiográfica se integran y relacionan los elementos que constituyen el sistema natural para luego analizar los demás procesos en los que interviene e interactúa el ser humano sobre el medio natural en el marco de la ecología del paisaje (Saavedra y Castellanos, 2013). Por otra parte, etimológicamente la palabra geomorfología procede del griego (*geo* = tierra, *morphe* = forma y *logos* = tratado), o sea estudia las formas de la superficie terrestre. Pero, Derruau en 1974 indica que es el estudio de las formas del relieve terrestre; ciencia que se propone describir y explicar las formas, relieve, evolución y procesos de modelado (Claire, 2006). Considerando los factores morfológicos, climatológicos, flora, fauna y variedad de suelos, Bolivia se divide en dos unidades mayores como el bloque andino (elevado y frío) y las planicies (bajas y calientes). Estas unidades se subdividen en otras menores según sus propias peculiaridades (Claire, 2006). Bolivia está constituida por provincias fisiográficas como resultado de procesos erosivos,

divididas en unidades principales (A-I: Cordillera Occidental, A-2: Cordillera Real o Central, B: Altiplano, C: Subandino, D: Llanuras, E: Escudo Brasileño, F: Serranías Chiquitanas) (Claure, 2006).

Cuenca hidrográfica

Es el contorno, límite de la cual drena el agua en un punto en común. Y la cuenca hidrológica es la unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica. Los componentes que identifican las características de una cuenca son: cuenca, subcuenca, microcuenca, quebrada, cuenca alta, cuenca media, cuenca baja o zona transicional, zona de cabecera, zona de captación-transporte, zona de emisión, divisoria de aguas, río principal, afluente,

efluente. Los tipos de cuencas se califican: a) por su tamaño geográfico (grandes, medianas, pequeñas); b) por su ecosistema (cuencas áridas, (ej. cuenca del río Cañete), cuencas tropicales (ej. cuenca del Canal de Panamá), cuencas frías (ej. cuenca del Lago Titicaca), cuencas húmedas; c) por su objetivo (Hidroenergéticas, para agua poblacional, agua para riego, agua para navegación, ganaderas y de uso múltiple; d) por su relieve (cuencas planas, cuencas de alta montaña, cuencas accidentadas o quebradas; e) por la dirección de la evacuación de las aguas (exorreicas o abiertas, endorreicas o cerradas, arreicas (Novoa, 2011). Para el plan nacional de cuenca (PNC) en Bolivia (MMAA, 2010) una cuenca hidrográfica, es una unidad hidrológica-ecológica (Figura 2).



Figura 2. Unidades Hidrográficas de Bolivia - Nivel 1, modificado de MMAA (2010).

La cuenca es donde se realiza el ciclo hidrológico (Campos, 1998), descritos como unidades físico-biológicas y socio-política-económicas para la planificación y ordenación de los recursos naturales entorno al uso humano; es el ámbito donde se

territorializa la gestión social del agua y los multiusos (MA, 2007). Asimismo, dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos que cumplen diversas funciones; y servicios ambientales según se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Funciones de la cuenca.

| Función hidrológica | Función ecológica | Función ambiental | Función socioeconómica | Servicios ambientales |
|---|---|---|---|--|
| Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos. Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración. Descarga del agua como escurrimiento. | Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua. Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua. | Constituyen sumideros de CO ₂ . Alberga bancos de germoplasma. Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos. Conserva la biodiversidad. Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos. | Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población. Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad. | <i>Del flujo hidrológico:</i> usos directos (agricultura, industria, agua potable, etc), dilución de contaminantes, generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota. <i>De los ciclos bioquímicos:</i> almacenamiento y liberación de sedimentos, almacenaje y reciclaje de nutrientes, almacenamiento y reciclaje de materia orgánica y absorción de contaminantes. <i>De la producción biológica:</i> creación y mantenimiento de hábitat, mantenimiento de la vida silvestre, fertilización y formación de suelos. <i>De la descomposición:</i> procesamiento de la materia orgánica, procesamiento de desechos humanos. |

Fuente: Modificado de Aguirre (2007).

Servicios ambientales o ecosistémicos

Es un concepto inherentemente antropocéntrico que se relaciona directamente con el bienestar de la sociedad y con las demandas de bienes y servicios (Tabla 1) que generan los sistemas naturales a través de las múltiples funciones que se asocian a ellos. Estas funciones ecosistémicas constituyen un subconjunto de procesos, interacciones y transformaciones biológicas, físicas y geoquímicas que se llevan a cabo entre los diferentes componentes de los ecosistemas para satisfacer las necesidades humanas directa e indirectamente. Estos procesos se presentan en la naturaleza independientemente de las demandas, usos, disfrute o valoración por parte de la sociedad (Moreno-Sánchez y Maldonado, 2021).

Hidrología

Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos (Aparicio, 1992). Según la Federal

Council for Science and Technology la hidrología versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades física y químicas, y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa del agua sobre la Tierra (Monsalve, 1995). Para Campos (1998) la hidrología es la ciencia del agua. Sin embargo, a continuación, se puede ver la distribución y balance del agua en las Tablas 2 y 3 respectivamente.

Tabla 2. Distribución de agua en la tierra.

| Fuente | Volumen (km ³) | Porcentaje |
|--------------------------|----------------------------|------------|
| Océanos | 1320500000 | 97.22 |
| Capas de hielo | 29000000 | 2.13 |
| Agua subterránea | 8300000 | 0.611 |
| Glaciares | 210000 | 0.015 |
| Lagos de agua dulce | 125000 | 0.009 |
| Mares internos (salados) | 104000 | 0.008 |
| Humedad de la tierra | 67000 | 0.005 |
| Atmósfera | 13000 | 0.001 |
| Ríos | 1250 | 0.0001 |
| Total | 1358320250 | 100 |

Fuente: Modificado de Gerrero (2012).

Tabla 3. Balance anual de agua global.

| Ítems | Unidades | Océano | Tierra |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|
| Área (km ²) | | 361 300 000 | 148 800 000 |
| Precipitación | km ³ año ⁻¹ | 458 000 | 119 000 |
| | mm año ⁻¹ | 1 270 | 800 |
| | pulg año ⁻¹ | 50 | 31 |
| Evaporación | km ³ año ⁻¹ | 505 000 | 72 000 |
| | mm año ⁻¹ | 1 400 | 484 |
| | pulg año ⁻¹ | 55 | 19 |
| Escorrentía hacia los océanos | | | |
| Ríos | km ³ año ⁻¹ | - | 44 700 |
| Agua subterránea | km ³ año ⁻¹ | - | 2 200 |
| Escorrentía total | mm año ⁻¹ | | 4 700 |
| | pulg año ⁻¹ | | 316 |
| | | | 12 |

Fuente: Tabla de balance hídrico mundial y de recursos hídricos de la tierra, copyright UNESCO, modificado de Chow et al. (1994).

Río principal

Se define como el trazado con mayor caudal de agua (medio, máximo), con mayor longitud. El concepto de río principal como el de nacimiento del río son arbitrarios, como también en la distinción entre el río principal y afluente. Sin embargo, las cuencas de drenaje presentan un río principal definido desde la desembocadura hasta la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que comprende la distancia entre su nacimiento y desembocadura (Novoa, 2011). Pero, desde el punto de vista hidrológico, cuenca hidrográfica se define como el territorio que ocupa el río principal y sus afluentes, cuyos límites son definidos por la topografía del terreno a partir de las divisorias de aguas (Gaspari et al., 2012); por tanto, existe una correlación natural entre cuenca y río principal.

Concepto de paisaje

En el contexto europeo y antes del siglo XVII la palabra paisaje tuvo connotaciones económicas y políticas que dieron paso a una nueva significación dentro del mundo de los pintores holandeses y alemanes. Estos artistas hacían referencia al espacio físico basado en la mirada y representada en pintura. Por otra parte, en estudios geográficos e históricos contemporáneos, usa, como una categoría analítica, cuyo potencial inicial pretendía superar la corriente explicativa del determinismo ambiental; mientras esta perspectiva especificaba las influencias causales del ambiente en los seres humanos, el enfoque del paisaje describía las interrelaciones entre los seres humanos y el entorno, con énfasis sobre el impacto

humano en el medio ambiente (Perez, 2012). Según, Sauer (2005), el paisaje es un ámbito en el que no existe dualismo porque se trata de una unidad bilateral constituida por formas (integrantes) y dependientes, además son registros de lo geográfico y ambiental como de lo cultural y social. A mediados del siglo XX se tuvo un relevante auge y desarrollo del conocimiento por separado, lo cual no fue suficiente para entender la complejidad de los procesos terrestres, que este aumento debido a la incursión del ser humano en su sistema, derivando así, interacciones entre la noósfera y la ecósfera. Estas interacciones producen efectos emergentes como por ejemplo los procesos de degradación y agravación que no pueden ser controlados mediante la aplicación de enfoques parciales. Sin embargo, el nuevo paradigma del paisaje desarrollado en Europa y Estados Unidos contribuyen a resolver dicho problema (Saavedra et al., 2019).

Clima

Se define como el valor promedio de las variables meteorológicas (temperatura atmosférica, presión atmosférica, precipitación pluvial, humedad relativa, viento) durante un período de 30 años, establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Para describir el clima se requieren los valores medios, fluctuaciones estacionales y valores máximos y mínimos de las variables del lugar. Por tanto, el clima es la respuesta del sistema Tierra-Atmósfera (Figura 3) al estímulo exterior de la radiación solar incidente; es el resultado del balance energético entre la radiación solar absorbida por el sistema y la forma de cómo esta energía es distribuida entre los continentes, océanos y atmósfera (Casas y Alarcón, 1999).

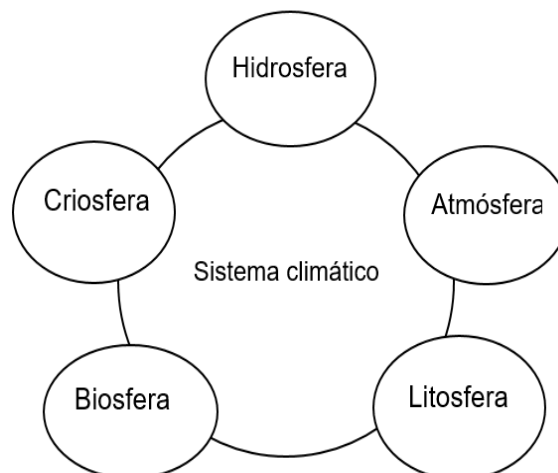


Figura 3. Componentes del sistema climático. Modificado de Casas y Alarcón (1999).

Pero, según la etimología de la palabra clima es compleja; en griego klíma = inclinación; en latín hay varias acepciones. Para Apuleyo, clima es el espacio de cielo (inclinación) que basta para producir una diferencia de media hora en la duración de los días. Para San Isidoro, clima son los grados de latitud asociado con inclinación, del cual Ptolomeo quizá estableció la primera clasificación climática en base a criterios de latitud (Linés, 1998). Humboldt en 1845 estableció que el término clima se refiere a todos los cambios en la atmósfera que afectan significativamente la psicología (Malone, 1951). Thornthwaite en 1948 incluye el concepto de evapotranspiración y luego de Biología; con lo cual define el clima como la integración de los factores meteorológicos y climáticos que concurren para dar a una región su carácter e individualidad (Linés, 1998). Para Lorente en 1961 el clima de un lugar es la situación atmosférica imaginaria en un momento determinado, condicionado a la temperatura, humedad del aire, viento y los demás elementos meteorológicos con sus valores medios observados durante un período de años amplio (Linés, 1998). Monin (1986), define al clima como un conjunto estadístico de estados del sistema atmósfera, tierra, océano durante un determinado período de tiempo de varias décadas.

Temperatura

El conjunto de la mecánica se describe en función de las magnitudes fundamentales de longitud, masa y tiempo, y las magnitudes derivadas: fuerza, cantidad de movimiento, energía, aceleración y densidad. Por tanto, para describir los fenómenos térmicos se necesita una magnitud (temperatura) que no considera a las tres fundamentales. No se debe confundir el concepto de temperatura y calor. James Prescott Joule entre 1818-1889 demostró que el calor es una forma de energía mecánica asociada a los movimientos de los átomos y moléculas expresadas en unidades de energía. En cambio, la temperatura mide el nivel relativo de energía térmica de un cuerpo (nueva magnitud fundamental) (Auguet et al., 1998; FHT, 2023). Según una revisión de técnicas de medida de temperatura y experimentos relevantes a lo largo de más de 500 años de la historia, sigue aún un aspecto pendiente el cual es la propia definición del concepto de temperatura. La definición formal de temperatura y el concepto actual de temperatura termodinámica aparece en 1850 en trabajos de William Thomson, James Prescott Joule 1819-1889, Hermann Helmholtz 1821-1894 y Rudolf Clausius

1822-1888, quienes basaron su trabajo en las ideas sobre las máquinas térmicas desarrolladas por el francés Nicolas Léonard Sadi Carnot 1796-1832. El análisis de la evolución del concepto de temperatura presenta aspectos condicionados en la comprensión de las magnitudes físicas (Pérez, 2013; Mora, 2021).

Cambio climático

El término de cambio climático no es nuevo, pero, su impacto en la salud pública está en continua revisión ya que el clima cambió y va a seguir cambiando en los próximos siglos con el aumento de la temperatura global promedio y en consecuencia incrementará el nivel del mar (Sánchez, 2014). Respecto al cambio climático, la importancia del conocimiento científico a través de datos e información confiable son fundamentales para las negociaciones climáticas; ya que contar con un suministro sostenible de energía renovable es el principal objetivo a largo plazo; por consiguiente, una solución viable requiere urgentemente una acción conjunta. Caso contrario no se podrá lograr a menos que se fomente una cooperación real en el mundo (Bolin, 2007). Por tanto, la ciencia ha generado proyecciones climáticas para el siglo XXI; la *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) brinda datos sobre los impactos de las emisiones de gases de efecto invernadero en una gama realista de escenarios y modelos de emisiones durante el próximo siglo. Pese a que los modelos continúan mejorando, actualmente se encuentra que la elección del modelo marca una diferencia comparable a la elección del escenario. Por tanto, existen incertidumbres; incompreensión de los procesos físicos que rigen el clima, y la capacidad para simular estos procesos no lineales son imperfectos y algunos de los determinantes como el clima, nubes, aerosoles y sus propiedades radiactivas ciertamente no se simulan correctamente. Los modelos no muestran un consenso sobre los cambios futuros en la variabilidad interanual como resultado del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) que conlleva a otras limitaciones en la generación actual de modelos. De los resultados del IPCC surgieron una serie de conclusiones clave que requieren atención y medidas de precaución o prevención (Vardavas y Taylor, 2007). Por su parte, en Inglaterra las simulaciones (LLN-2D) indican que los efectos antropogénicos tienen el potencial de perturbar el sistema climático en escalas de tiempo largas y demuestran las no linealidades que pueden operar entre causa y efecto (McLaren y Kniveton, 2000).

LA CIENCIA Y POLÍTICA EN LA HISTORIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

A partir del contexto de la prehistoria y su rol del cambio climático en motivar el progreso o detener por completo esto, junto a varios acontecimientos en la década de 1990 coadyuvaron como por ejemplo el descubrimiento de las imágenes de la cueva Chauvet en 1994, hechos con carbón vegetal en los dibujos de animales de una belleza impresionante de una data de hace 30 000 años de antigüedad. Estas imágenes fueron dibujadas por los antepasados y descendientes que aún tenían que sobrevivir en la última edad de hielo, que ocurrió en toda Europa, los Alpes y los Pirineos en cámaras frigoríficas durante más de 10 000 años. Existe una diferencia significativa de las imágenes de la última era que las de la era anterior mostraban un mundo habitado por animales peligrosos como los leones (*Panthera leo*) raros en obras de arte (Burroughs, 2005). Los efectos del cambio climático y global condicionan la gestión de ecosistemas en las que se adapta las prácticas forestales para mitigar las incertidumbres. Considerando la pérdida de la biodiversidad, fragmentación de los bosques, pérdida de bosques primarios y la necesidad de desarrollar enfoques silvícolas; se incluyen temas de gestión basadas en ecosistemas: comunidades indígenas, preocupaciones sociales, restauración ecológica e impactos en los ecosistemas acuáticos (Montoro et al., 2023). Giddens Anthony en 2010 afirma que hoy no existe una política de cambio climático, sin embargo, se enfoca en el ámbito climático como un problema mundial. Plantea un nuevo pacto social forjado en cada país, pero también en la sociedad de naciones, para ser útil. Al respecto da recomendaciones al político, así como al estado de cómo debería actuar y caracterizarse en una situación donde se hace imperante un aumento del intervencionismo y proteccionismo. Argumenta sobre un estado que proporciona y asegura, antes que un estado que dirige y controla. Descarta la idea de un estado dirigista que vaya en dirección hacia economías centralizadas por mor de la protección medioambiental. Este estado siempre democrático,

tiene como misión crear políticas por las que fluya la sociedad civil y la inversión privada, favoreciendo las energías alternativas, por ejemplo, y dando cobertura financiera en forma de seguros a la población amenazada por desastres naturales. Asimismo, se debe considerar ponencias sobre los inconvenientes de un régimen dictatorial de cara a la protección climática (Echavarren, 2011). Las variaciones climáticas fueron comentadas y analizadas desde épocas muy remotas y sus descripciones se registran en las obras de los antiguos griegos y romanos, pero nunca fueron una preocupación a una escala global, como lo es en el presente (Molina et al., 2017). En Bolivia por ejemplo, se considera que las condiciones de desarrollo incrementan el nivel de vulnerabilidad al cambio climático porque existen frecuentes asentamientos humanos no planificados con costosas pérdidas, debido a la ocurrencia de eventos climáticos extremos y pérdidas humanas irreparables, situación social que incrementa los niveles de marginalidad en áreas urbanas y rurales (Arana et al., 2007).

Relación suelo – vegetación

Cobertura vegetal en el sur de Francia

Una gran parte de las características de un lugar se basa en la cobertura de plantas, por ejemplo, el sur de Francia cuenta con matorrales perfumados de hojas duras, genera una sensación diferente a la selva tropical de Brasil y a los bosques de coníferas de Canadá. Por consiguiente, la vegetación es una parte relevante del paisaje como la topografía y arquitectura respecto al subconsciente del orden de las cosas (Adams, 2007). A partir de una escala amplia algunas formas de vegetación aparecen en diferentes lugares del planeta. Dependiendo de cómo se elija subdividirlos de entre 5-20 tipos fundamentales de vegetación en el mundo (Figura 4). En la cual, se incluye la selva tropical, la sabana en los trópicos y en las latitudes altas el bosque templado y la estepa. Estas vegetaciones a gran escala se conocen como biomas, y cada una de ellas se distribuyen entre los continentes (Adams, 2007).

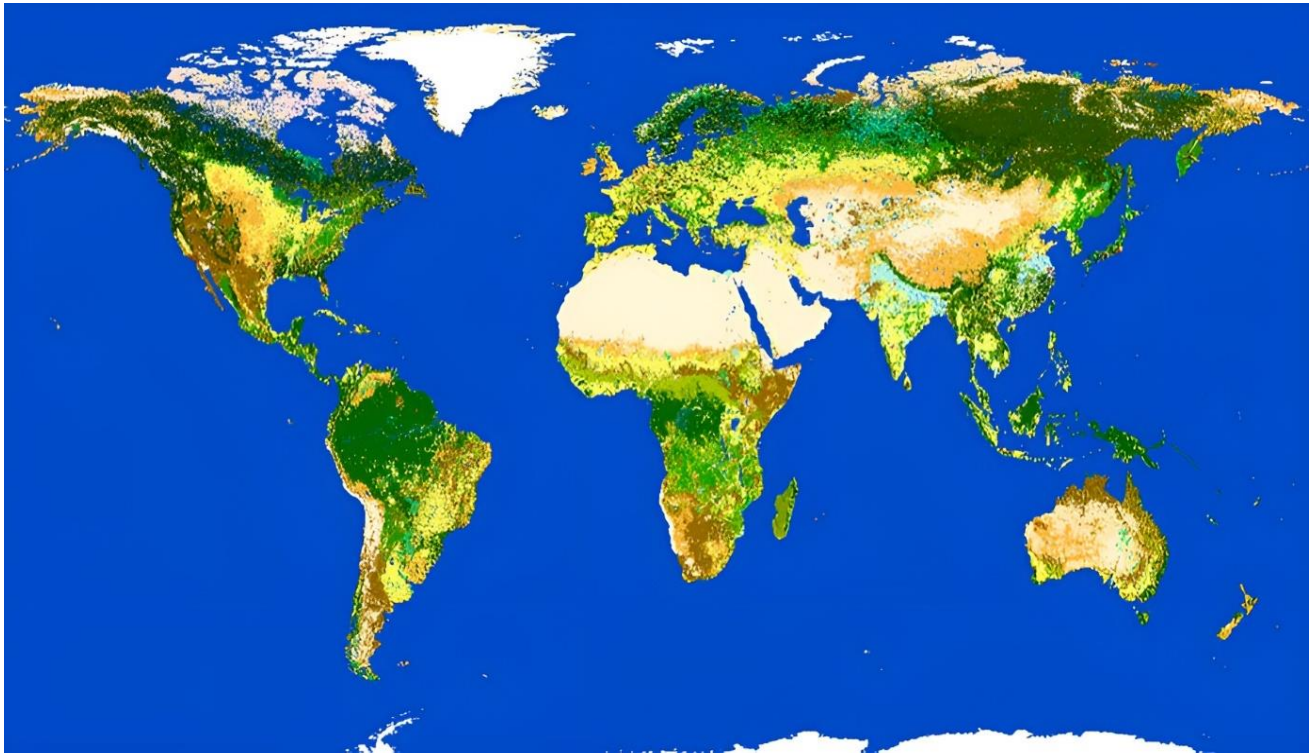


Figura 4. Cobertura vegetal mundial, modificado de ESA (2023).

Las plantas (Figura 5) cumplen un rol importante en el ciclo hidrológico, específicamente en aspectos relacionados al almacenamiento de agua, evapotranspiración, condensación del punto de rocío, balance de la radiación y energía y en la dinámica de

vientos. Estos elementos que interactúan determinan el clima de una región; asimismo este sistema es afectado por la construcción de grandes ciudades debido al cambio de uso del suelo (Jiménez et al., 2011).

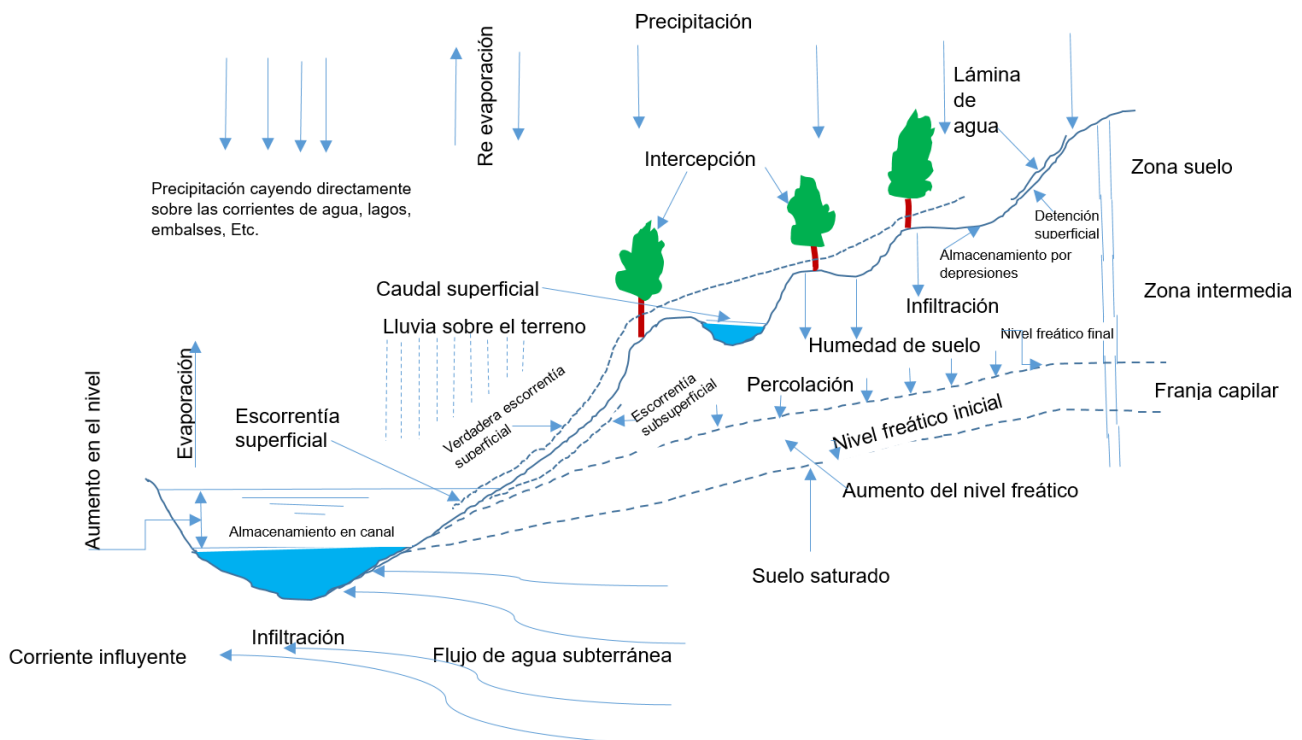


Figura 5. Las plantas y el proceso de escorrentía, modificado de Monsalve (1995).

Estudios de la cuenca del Amazonas

Según IS (2023) la cuenca del río Amazonas abarca una extensión de 7 352.112 km² en seis (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) países. Considerando este criterio el concepto de Amazonia incluye los territorios y pobladores andinos de todos los países que la comparten, involucrando a los habitantes amazónicas de todos los pisos térmicos andinos: templado, frío y páramo y algunos territorios nevados. El río Amazonas tiene una longitud de 6 400 km. Un estudio reciente indica que la diversidad y la composición de los árboles en la Amazonía están determinadas por el suministro de agua de lluvia. Este régimen climático y la disponibilidad de agua está modulada por la topografía y las características del suelo (condiciones hidrológicas), que varían desde áreas saturadas, mal drenadas hasta áreas drenadas y secas. Se puede considerar que estas condiciones influyen en la distribución de las especies, asimismo, los impactos de las condiciones hidrológicas en la diversidad y composición de los árboles aun no comprendidas en toda la cuenca del Amazonas. Con datos de 443 parcelas de bosque no inundado de 1 ha distribuidas a lo largo de la cuenca, investigaron las condiciones hidrológicas que influyen en la diversidad alfa de los árboles, la media de la densidad de madera ponderada por la comunidad (CWM-wd), es un indicador indirecto de la resistencia hidráulica y composición de especies de árbol. El estudio encontró que el efecto de las condiciones hidrológicas sobre la diversidad de árboles depende del clima, bosques húmedos, suelos drenados. CWM-wd aumentó en los suelos drenados en el sur y oeste de la Amazonía. La composición de especies de árboles cambió en función de los gradientes hidrológicos del suelo en el centro-oriental, occidental y meridional, dichos cambios se correlacionaron con cambios en la densidad media de madera de las parcelas. Los resultados indican que los gradientes hidrológicos filtran especies, lo cual influye en la diversidad y composición de los bosques amazónicos. Por tanto, se evidencia que el efecto de las condiciones hidrológicas es generalizado en la región y confirma la importancia de tomar en cuenta la topografía y la hidrología para comprender la resiliencia de los bosques frente a frecuencias de eventos climáticos extremos y aumentos de las temperaturas (Marca-Zevallos et al., 2022). En otro estudio, según Espinoza et al. (2010) la variabilidad de las precipitaciones en la cuenca amazónica (CA) analizada de 1964-2003, basada en datos 756 estaciones pluviométricas distribuidas en las cuencas

de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. Resalta el impacto de la cordillera de los Andes sobre las lluvias. La mayor precipitación en la CA se registra en las regiones bajas expuestas a los vientos húmedos del este y la menor lluvia se reporta en las estaciones de altura; protegidas por las primeras montañas de los Andes de los vientos húmedos del este.

Estudio de diagnóstico de la cuenca del río California-Valdivia, Ecuador

El estudio realizó un diagnóstico de la cobertura vegetal en la cuenca del río California-Valdivia mediante la aplicación de índices florísticos e interpretación de imágenes satelitales Landsat, para lo cual se establecieron muestras de 400m²/unidad dentro del área de influencia de la cuenca, allí se midió: diámetro altura de pecho (DAP), altura, ancho de copa, se valoró la regeneración y se identificó las especies con lo cual se determinaron los índices de abundancia, índice de valor de importancia (IVI), índice de valor forestal (IVF), Shannon y Jaccard. El mismo, se complementó con un análisis de laboratorio del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) usando bandas roja e infrarroja de siete años de las dos últimas décadas, la cual generó información multitemporal del estado de la cuenca. Los hallazgos muestran las especies con diferencias de presencia dentro del bosque, afirmando que existe una explotación selectiva en el área forestal de la cuenca por el uso del recurso sin procesos de sostenibilidad, ya que las especies son del tipo de bosque secundario, por lo cual es imperante implementar un plan de manejo de la cuenca (Jiménez et al., 2011).

Gestión de cuencas andinas de Perú

Con excepción de pocos valles fértiles y altiplanicies, el paisaje montañoso de los Andes está caracterizado por ser de relieve escarpado. Uno de los mayores obstáculos para el desarrollo sostenible de esta región es la degradación del suelo y de los recursos hídricos. La deforestación, el sobrepastoreo y la instalación de áreas de cultivo sobre pendientes inclinadas generan erosión de la tierra. El impacto de estos problemas también afecta las zonas río abajo, las tierras bajas irrigadas de ambos lados de la cordillera y las ciudades superpobladas. En consecuencia, se tiene un doble daño económico: por un lado, se empobrece visiblemente a la población que reside en las regiones montañosas escarpadas, y por el otro, ni ciudades y zonas agrarias fértiles pueden desarrollar su potencial económico (Moreno y Renner, 2007).

POLÍTICAS SOBRE CUENCAS HIDROLÓGICAS Y EL RECURSO AGUA

El caso del río Nilo, África

Yohannes (2008), afirma que el desarrollo, es una relación intrínseca y compleja entre los factores ecológicos, hidrológicos, demográficos, política y la economía de la justicia social. La competencia hidrográfica de los países (Burundi, Ruanda, Tanzania, Uganda, Kenia, República Democrática del Congo, Sudán del Sur, Sudán, Egipto, Eritrea y Etiopía) vinculados al río Nilo (6853 km), es una respuesta que sustituye a la incapacidad de abordar el dilema de la población, injusticia social, represión política, devastación del capital natural y el deterioro de los servicios ecosistémicos. Concluye indicando que los estados del río Nilo deben lidiar con el tipo de orden económico que ellos establezcan y asimismo deben tener un movimiento contrahegemónico que cambie el rumbo de la devastación ecológica, pobreza, lucha regional de los recursos hídricos vitales a través de un liderazgo político y nuevos intelectuales públicos.

El conflicto del acceso al agua en la ciudad de Cochabamba, Bolivia

De enero-abril del 2000 los habitantes de Cochabamba salieron a las calles a reclamar, el acceso y equidad en la distribución del agua. Después de 20 años de las guerras del agua cuando reclamaron los recursos hídricos; los responsables de la gestión del agua en Bolivia tuvieron que analizar la forma de planear el agua para satisfacer la demanda de la población y garantizar el acceso, actualmente afectado por los impactos del cambio climático. Expertos, considerando la identificación del problema, la priorización, socialización y la concertación en 25 municipios, trabajaron en la formulación y actualización del Plan Director de Cuenca del Río Rocha (PDCR) con enfoque de adaptación al cambio climático. La cuenca es relevante y está ubicada en el departamento de Cochabamba-Bolivia comprende una extensión de 3 699.9 km², habitan 1.4 millones de personas aproximadamente. Afronta varios desafíos relacionados con la gestión sostenible de sus recursos. El incremento de la demanda de agua, la contaminación ambiental e hídrica y presión sobre los ecosistemas, han ocasionado un desequilibrio agravado por el cambio climático y el crecimiento poblacional. Estos factores, ahondan las problemáticas de la cuenca, por lo que es vital

priorizar acciones de condiciones que contribuyan a la sostenibilidad de la cuenca, evitando amenazas en la calidad de vida de todos los actores de la cuenca y el funcionamiento de los ecosistemas. Para resolver los desafíos de la cuenca existe el (PDCR) que es un instrumento orientador y operativo de corto, mediano y largo plazo, que integra y articula acciones, entre los actores que interactúan con la cuenca, prioriza e implementa mejoras que conservan las condiciones ambientales, sociales y productivas. Es un soporte, del modelo de gobernabilidad del agua, en un contexto de resiliencia, de desastres naturales y cambio climático, para garantizar la soberanía alimentaria, agua para consumo humano y saneamiento básico que efectivamente contribuya al bienestar social (SEI, 2023).

Gestión integrada de recursos hídricos - Manejo integrado de cuencas, Bolivia

El plan nacional de cuencas (PNC) (Bolivia), entiende el manejo integrado de cuencas (MIC), como el conjunto de actividades en el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de una cuenca, luego da origen desde un enfoque de uso sectorial a uno multisectorial. Por lo general, estas acciones están orientadas al establecimiento de obras estructurales destinadas al control hidráulico de la cuenca, erosión, degradación de suelos y manejo forestal en las partes altas (MA, 2007; Gutiérrez y Rodríguez, 2012). También considera las prácticas y saberes locales en la gestión social e intercultural del agua, los recursos naturales, el territorio, las tecnologías, y los sistemas y medios de vida que conviven en la cuenca. Sin embargo, como ejemplo de esta aplicación se tiene en Potosí a la cuenca Acasio y en Chuquisaca a la cuenca Escalera (Saavedra, 2015). Según el PNC, los problemas radican en el componente biológico (flora, fauna y los elementos cultivados por el hombre), físico (suelo, subsuelo, geología, recursos hídricos y clima (temperatura, radiación, evaporación), económico (actividades productivas en la agricultura, recursos naturales, ganadería, industria, servicios (camino, carreteras, energía, asentamientos y ciudades) realizadas por el hombre, y social (elementos demográficos, institucionales, tenencia de la tierra, salud, educación, vivienda, culturales, organizacionales, políticos, y legal (Novoa, 2011). En el manejo de cuencas, se ha constatado que los municipios no reciben apoyo sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Pero hay avances a través de las mancomunidades en el manejo del agua y suelos

(MA, 2007). El comité de asesoramiento técnico del *Global Water Partnership (GWP)* el 2000-2002, define la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), como un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales, el cual considera el PNC (MA, 2007; Gutiérrez y Rodríguez, 2012). El PNC considera que la GIRH-MIC (Figura 6) se complementan, porque el MIC abarca las tareas técnicas del uso y manejo de los recursos naturales de una cuenca, mientras que la GIRH prioriza los aspectos sociales e institucionales de gestión y administración para posibilitar un uso

integrado y sostenible de los recursos hídricos, como factor que articula los diferentes actores y usuarios, los diferentes usos y el MIC. Por tanto, la GIRH-MIC es la combinación e integración de la gestión social con el manejo técnico que genera un enfoque socio-técnico (MA, 2007). Dentro de los ecosistemas el manejo integrado de cuencas hidrológicas es importante por lo económico y social. Por esto es necesario la aplicación de modelos hidrológicos como *River Basin Information System (RBIS)* que permiten evaluar y tomar decisiones en áreas de la ingeniería, ecología, agrometeorología y conservación ambiental (García et al., 2012; Zander y Kralisch, 2016).

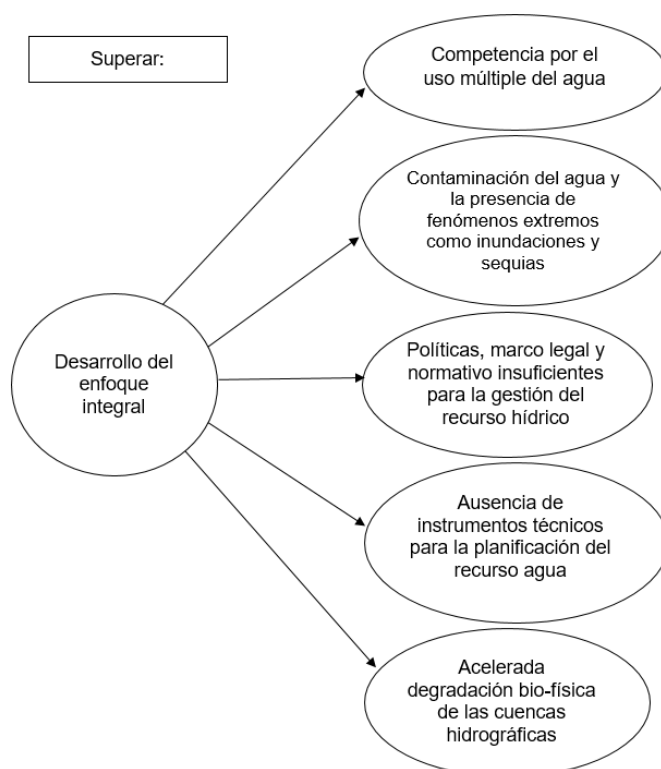


Figura 6. GIRH-MIC, modificado de MA (2007).

La gestión social del agua y ambiente en cuencas

El PNC adopta y define la gestión social del agua y ambiente en cuencas a la interacción de la diversidad de usuarios, organizaciones y actores institucionales involucrados en el uso, manejo y conservación del agua y el ambiente en una cuenca, para concertar decisiones, ejecución y evaluación de las acciones, con base al acceso, distribución, uso múltiple y la conservación del agua y otros recursos, así, como de los espacios e infraestructuras compartidas en la cuenca (MA, 2007).

Municipios de Ravelo-Sucre

El gobierno alemán apoya al gobierno boliviano a través de los proyectos Sucre III y IV para mejorar el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Sucre. La demanda proyectada de agua potable para Sucre ha determinado que la oferta hídrica, que proviene actualmente en 90 % de la cuenca Ravelo, no será suficiente a futuro. Por ello es imprescindible tanto la planificación de medidas de mejoramiento y captación para asegurar el abastecimiento de agua a mediano y a largo plazo, como garantizar la cantidad de agua del

afluente actual. Por la alta importancia del río Ravelo como fuente de agua tanto para la población en la cuenca como para la población de la ciudad de Sucre, el gobierno alemán otorgó fondos para el manejo integral de esta cuenca, contribuyendo de esta manera a la integralidad de medidas en la región (MMAyA, 2019). Sin embargo, el proyecto preservación de la cuenca Ravelo beneficia a Sucre, el cual se implementará a partir de 2018-2023, cuyo objetivo es asegurar un manejo sustentable de los recursos hídricos en la cuenca del río Ravelo para garantizar la provisión de agua potable y agua para riego en los municipios de Ravelo y Sucre. Comprende el municipio de Ravelo (Potosí) así como la parte alta del río Potolo (Sucre), con 280 km². Beneficiará a las poblaciones de las cuencas Ravelo y Potolo, aproximadamente a 1 200 familias, así como también a la población de Sucre. Los cuatro componentes del proyecto son: un plan director para la cuenca Cachi Mayu y la subcuenca Ravelo; un sistema de información hidrometeorológico; medidas estructurales de rehabilitación como la prevención, recuperación y control de cárcavas y la protección de quebradas; y, la conservación del agua y los suelos con capacitaciones para agricultores en temas: riego, prácticas agropecuarias, protección de fuentes de agua y la protección y conservación de riberas (CS, 2017).

EL CASO DE LA CUENCA DEL RÍO CACHI MAYU, BOLIVIA

La cuenca del Plata, es la segunda en extensión dentro del continente sur americano, abarca un área compartida por Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay de 3 100 000 km² aproximadamente que representa el 18 % de la superficie de América del sur. En Bolivia, se encuentra situada al sureste,

ocupa una superficie aproximada de 226 268 km², cubre el 20.6 % de la superficie del territorio nacional, constituye geográficamente la segunda cuenca en extensión. Comprende el departamento de Tarija con sus provincias Cercado, Arce, Gran Chaco, Avilez, Méndez y O'connor; la provincia Angel Sandoval y Germán Busch, parte de las provincias: Velasco, Chiquitos y Cordillera del departamento de Santa Cruz; las provincias Nor y Sur Cinti, además parte de las provincias Luis Calvo, Hernando Síles, Azurduy, Zudañez, Yamparaez y Oropeza del departamento de Chuquisaca; las provincias Tomás Frías, Saavedra, Linares y Modesto Omiste y parte de las provincias Chayanta, Quijarro, Sur Lípez, Nor y Sur Chichas del departamento de Potosí; por último parte de la provincia Avaroa del departamento de Oruro (PNMC, 1997).

Bolivia se encuentra en la región sur occidental de América del sur. Presenta una superficie de 1 098 581 km², tiene una población de 10 027 254 habitantes; de la cual el 55.1 % no es pobre, pero el 44.9 % se encuentra en condiciones de pobreza (MA, 2007; INE, 2012). El territorio del municipio de Ravelo se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas de (Latitud 18°48'34" Sur y Longitud 65°30'36" Oeste. Por otra parte, el territorio del municipio de Sucre está entre las coordenadas geográficas (Latitud 19°2'34.4" Sur y Longitud 65°15'19.4" Oeste) (MB, 2023). El *Global Watersheds* delimitó la cuenca Cachi Mayu (Subcuencas: Ravelo, Potolo, Maragua-Cachi Mayu) de 1 700 km² (640 millas cuadradas) con una desembocadura cercana a las coordenadas: Latitud 19°18'46.8"; Longitud 65°16'1.2" (GW, 2023) y ajustado con el *software* QGIS 3.28.3 y código libre según la Figura 7 (ELAPAS, 2019).

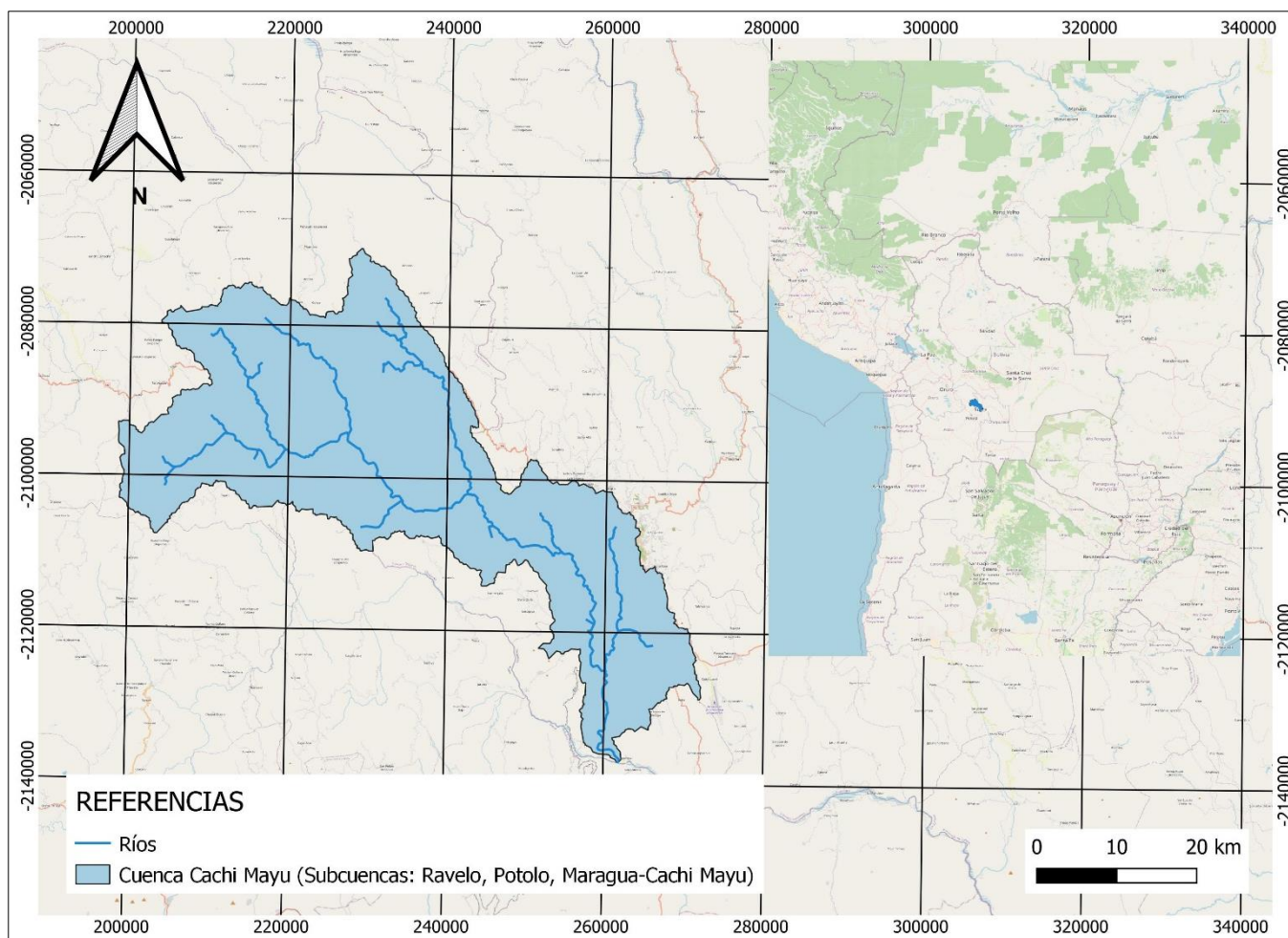


Figura 7. Ubicación de la cuenca del río Cachi Mayu (Subcuencas: Ravelo, Potolo, Maragua-Cachi Mayu), según el software QGIS 3.28.3 (ELAPAS, 2019; Zapata et al., 2021).

En el estudio de cuencas es importante el concepto de la divisoria de aguas o *divortium aquarum* que es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre cuencas hidrográficas y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. También se denomina parteaguas (Novoa, 2011).

Según, ELAPAS (2019) las cuencas de los ríos Ravelo y Potolo (Figura 7) que en el lugar de la estación hidrométrica Ñucchu se denomina río Cachi Mayu tienen sus nacientes en las estribaciones occidentales de la cordillera de Mandinga en el

departamento de Potosí, que forma parte de la cordillera Oriental de los Andes; las dos cuencas tributan directamente a la parte alta de la cuenca del río Pilcomayo que a su vez forma parte del sistema hidrográfico Pilcomayo-Paraguay-Paraná-Río de La Plata.

Las fuentes superficiales de agua potable para la ciudad de Sucre son el río Ravelo, Quebrada Peras Mayu, Quebrada Jalaqueri, Vertiente Murillo y Vertiente Fiscalco de la Subcuenca Ravelo (Figura 7); y en la subcuenca Cajamarca son la Quebrada Safiri, Cajamarca y Río Punilla (Figura 8) (ELAPAS, 2019).

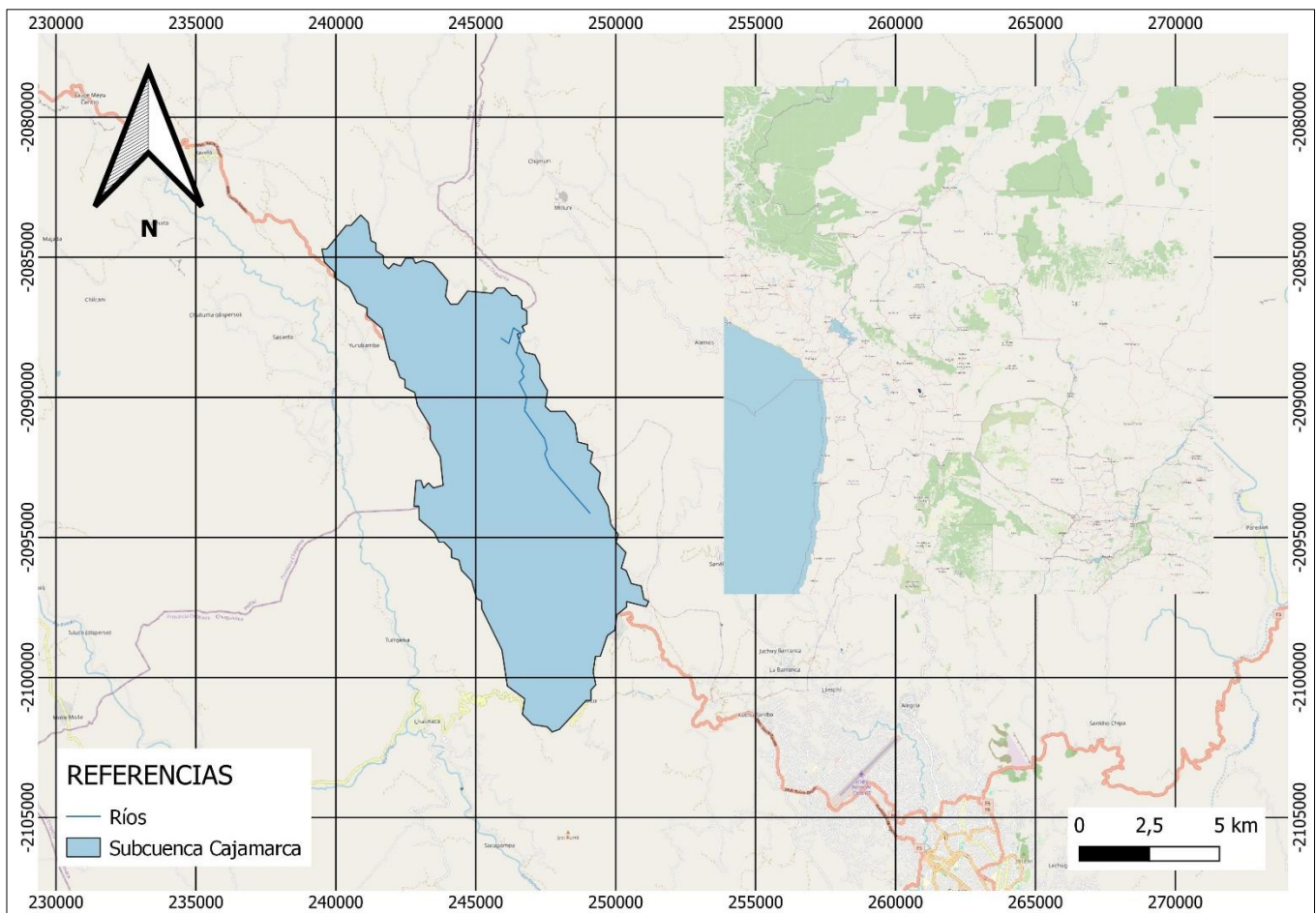


Figura 8. Ubicación de la Subcuenca del río Punilla de Cajamarca, según el *software* QGIS 3.28.3 (ELAPAS, 2019).

La subcuenca del río Ravelo presenta mayor precipitación pluvial en la cuenca del Pilcomayo. Por su parte, la cuenca del río Cachi Mayu hasta la estación de Ñucchu comprende una superficie de 1 608.3 km², en tanto que las áreas de drenajes de las subcuencas de Ravelo hasta la toma existente, es de 243.7 km² y de la subcuenca Ravelo-Potolo hasta el sitio de la nueva toma Fisculco es de 1 119.8 km² (ELAPAS, 2019). Como resultados se ha evidenciado la escasa información respecto a estudios actualizados multitemporales de flora y fauna, uso del suelo, acciones sobre el manejo integrado de cuencas a nivel de las subcuencas de Ravelo, Potolo, Maragua-Cachi Mayu y Cajamarca en la parte alta por su importancia en la provisión de agua para la ciudad de Sucre y en la parte baja de Maragua-Cachi Mayu por sus usos diversos en la zona. Sin embargo, actualmente se está ejecutando el MIC Ravelo: Microcuencas Tejahuasi, Sauce Mayu y Chi'Ilcani-Challuma en la zona alta, por el período de un año aproximadamente (MMAYA, 2023).

Provisión de agua potable en la ciudad de Sucre

Según Guerrero (2012) el volumen de agua en nuestro planeta es aproximadamente 1 358 millones de km³, del cual el 0.03 % se encuentra disponible como agua dulce entre los glaciares, lagos y ríos. En este contexto, inicialmente la ciudad de Sucre, se proveía de agua, de los socavones del convento de Santa Ana de La Recoleta; éste líquido elemento se encontraba en las vertientes subterráneas del cerro Churuquilla que fue aprovechado por los españoles cuando llegaron y desde mucho más antes fue también aprovechado por los indígenas del valle de Choquechaca y hoy Sucre. Acueducto construido antes del gobierno de Aniceto Arce Ruiz quien en los años de 1880 a 1890 gestionó el cambio de este por el caudal del río Ravelo que ahora está vigente. Asimismo, como evidencia se tiene las fuentes de piedra de la plaza Pedro Anzures de La Recoleta que era ahí donde llegaba el agua para consumo humano de la ciudad (Cano, 2023).

Dentro del este contexto se encuentra la empresa local de agua potable y alcantarillado Sucre (ELAPAS) que provee de agua potable a la ciudad de Sucre que cuenta con una población de 309 066-332

106 habitantes aproximado en los últimos 5 años. La proyección de agua disponible para el período de 5 años (2019-2023) se detalla en la Figura 9.

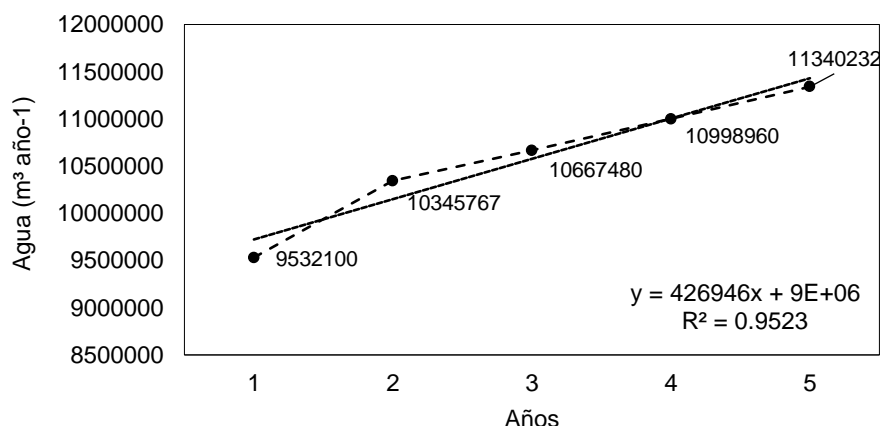


Figura 9. Proyección total de agua potable que llega a los usuarios desde 2019-2023; el coeficiente de determinación R^2 es próximo al valor de 1 y por lo tanto la recta es óptima (ELAPAS, 2019; Arellano y Peña, 2020; Montero, 2022).

Se debe considerar que los consumos mínimos de agua potable en ciudades con habitantes menores que 150 000 es de 94-92 lt/hab-día cuando las variables estudiadas tengan valores iguales a cero (Arellano y Peña, 2020). Sin embargo, a partir de las cuencas de drenaje de la ciudad de Sucre, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de “El Campanario” ubicado entre los municipios de Sucre y Yotala dependiente de ELAPAS requiere mantenimiento y mejora en el tratamiento de las aguas residuales porque genera malos olores, este vierte el agua tratada al cauce del río que es aprovechada para riego por la población del lugar. Asimismo, es necesario enfatizar que algunos distritos no cuentan con PTAR (Montaño et al., 2018; ELAPAS, 2019).

En una investigación reciente por ejemplo en la región de Bolivia, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Paraguay y Perú sobre el abastecimiento y calidad del servicio de agua, el saneamiento y la higiene con respecto a la seguridad de las fuentes de agua 82.7 % de los establecimientos de salud está conectado a la red pública, el 7.9 % no cuenta con una fuente segura porque se abastece de aguas superficiales. A pesar de estar conectados a la red pública el 60.5 % de los establecimientos de salud almacena agua en tanques y cisternas, esto garantiza el abastecimiento y mantenimiento de los sistemas de agua potable que aún es bajo; el 65.1 % de los centros de atención carece de un servicio de mantenimiento (tanques y cisternas) no están en buenas condiciones sanitarias

para almacenar agua. Con respecto a la calidad el 53.6 % de los establecimientos de salud dispone de agua que cumple con el valor recomendado de cloro (Cl) residual. El 37.2 % de los establecimientos de primer nivel cumple con este requisito, dato que aumenta a 64 y 66.8 % de los establecimientos de segundo y tercer nivel respectivamente. Esto implica un alto riesgo debido a que atienden a un mayor número de personas ya que efectúan procedimientos complejos. No se encontró información relativas al análisis fisicoquímico y bacteriológico (OPS, 2021).

Sin embargo, en otro caso se estudió los parámetros fisicoquímico y biológico del río Santo Domingo, afluente río Verde, cuenca río La Vieja, Alto Cauca de Colombia se evaluaron su índice de diversidad (macroinvertebrados) para medir la calidad del agua, concluyendo que el río es oligotrófico con tendencia a la eutrofización en época de bajas y altas lluvias (García-Alzate y Villegas-Acosta, 2017). Las actividades económicas, sociales y culturas traducidas en obras de infraestructura civil como represas generan impactos ambientales como en el caso de la fauna acuática (García-Alzate y Villegas-Acosta, 2017).

La fauna acuática en el río Quirpinchaca y el río Cachi Mayu

Moya et al. (2019) evaluaron la calidad ecológica del río Quirpinchaca en siete sitios y en el río Cachi Mayu en 3 sitios usando macroinvertebrados acuáticos como

bioindicadores de la contaminación sustentados en datos fisicoquímicos. Los índices bióticos usados fueron el BMWP/Bol, abundancia relativa de grupos sensibles (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*) y de grupos tolerantes (*Diptera*). Como resultados los tres índices bióticos indican que el río Quirpinchaca presenta una calidad muy crítica desde las nacientes hasta la desembocadura al río Cachi Mayu, mientras que este último presenta una calidad de buena - muy crítica. Los parámetros fisicoquímicos con mejor respuesta a la contaminación fueron el oxígeno (O₂) disuelto y la demanda química de O₂, cuyos valores indican que el río Quirpinchaca reporta un mayor grado de contaminación (centro ciudad) que en zonas menos habitadas como las nacientes del río y la confluencia con el río Cachi Mayu. En contraste, el río Cachi Mayu presenta mejores condiciones fisicoquímicas que el río Quirpinchaca.

La flora en la cuenca del río Cachi Mayu

Investigadores del Herbario Sur de Bolivia (HSB) con la ayuda de Don Martín Arancibia, encontraron diferentes 19 plantas de helechos presentes en la cuenca del río Cachi Mayu (Yotala), los cuales pertenecen a cinco familias (*Pteridaceae*, *Aspleniaceae*, *Lycopodiaceae*, *Schizaceae*, *Thelypteridaceae*) reportadas. El género *Cheilanthes* aparece como el más común en la zona, seguido de *Argyrochasma*, *Thelepteris*, *Anemia*, *Asplenium*, *Cheilanthes*, *Lycopodium*, *Pellaea*, *Pityrogramma*, *Pleopaltis*. La zona es dominante y se observa que existe diversidad de helechos (Motalvo y Orias, 2014). Por su parte Carretero et al. (2019) realizaron una caracterización de 22 plantas por sus usos medicinales en la Marka Quila Quila, ubicado entre los municipios de Sucre y Yotala de la cuenca del río Cachi Mayu. Asimismo, Gutierrez (2013) inventarió 197 especies vegetales nativas de 48 familias y 84 especies exóticas de 44 familias en el Centro de Villa Carmen de Yotala.

CONCLUSIONES

Existen diversas experiencias a nivel mundial y nacional donde se presentan conflictos sociales, ambientales y económicos respecto al manejo integrado de cuencas y la gestión integral de los recursos hídricos en el marco de los servicios ecosistémicos o ambientales, los cuales son considerados a través de políticas por parte de los gobernantes; en el caso de Bolivia en general aún son insuficientes. En la cuenca del río Cachi Mayu se

ha evidenciado que no existen estudios actualizados multitemporales suficientes sobre el uso del suelo, flora y fauna que a partir de estos se podría ejecutar programas de conservación de la flora y fauna, forestación, implementación de obras civiles en el control de la erosión de suelos, control de cárcavas, implementación de zanjas de infiltración, terrazas de banco y terrazas de formación lenta. Por tanto, se debe promover las prácticas de sistemas de agroforestería, silvicultura y agrosilvopastoril que contribuyan en la gestión del recurso agua para consumo humano, riego y consumo animal en las subcuencas de Ravelo, Potolo, Maragua-Cachi Mayu y en la subcuenca de Cajamarca. Por otra parte, se ha corroborado que se requiere fortalecer la gestión integral del recurso agua para la ciudad de Sucre. Situación que debe considerar la implementación de políticas y proyectos en procesos a corto, mediano y a largo plazo a través de la participación de todos los actores involucrados directa e indirectamente en la cuenca alta-baja. Existen debilidades en políticas, planes y programas en el manejo integrado de cuencas y en la gestión integral del recurso hídrico efectivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, J. 2007. *Vegetation-Climate-Interaction, How vegetation makes the global environment*. USA. Springer (ed). New Jersey, USA. 231 p. ISBN 978-3-540-32491-1.
- Aguirre, MN. 2007. *Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas*. Loja, Ecuador. Universidad de Loja (ed). 116 p.
- Aparicio, MMFJ. 1992. *Fundamentos de hidrología de superficie*. Primera edición. LIMUSA (Ed.). 302 p. Mexico. ISBN 968-18-3014-8.
- Arana, PI; García, CM; Aparicio, EM. 2007. *El Cambio Climático en Bolivia (Análisis, síntesis de impactos y adaptación)*. La Paz, Bolivia. Quality, SRL (ed). 121 p.
- Arellano, A; Peña, D. 2020. *Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua potable Linear regression models for predicting drinking water consumption (en línea)*. NOVASINERGIA 3(1):27-36. Consultado 23 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.37135/ns.01.05.03>
- Auguet, SC; Camí, BE; Ramírez, PML; Rodríguez, CI. 1998. *Temperatura i calor Teoria i problemes*. Catalunya, España. Edicions UPC. 73 p.
- Bolin, B. 2007. *A history of the science and politics of climate change*. First edition. New York, United States of America. Cambridge University Press (ed). 278 p. ISBN 978-0-521-88082-4 hardback.
- Burroughs, WJ. 2005. *Climate change in prhistory, The end of the reign of chaos (en línea)*. United States of America, New York. Cambridge University Press (ed).

- 356 p. ISBN-13: 978-0-511-11545-5. Consultado 21 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535826>
- Campos, ADF. 1998. Procesos del ciclo hidrológico. Tercera reimpresión. San Luis Potosí, México. Editorial Universidad Potosina (ed.). 550p. ISBN-968-6194-44-4.
- Cano, S. 2023. Los socavones del convento de Santa Ana de La Recoleta, una aventura en las entrañas de las faldas del cerro Churuquilla de la capital de Bolivia de donde brotan cristalinas aguas de vertiente (en línea, video). Sucre, Bolivia. 1 min. 45 seg. Son., color. Consultado 15 mar. 2023. Disponible en <https://www.facebook.com/watch/?v=198532012778717>
- Carretero, C; Gutiérrez, J; Gallardo, Y; Portal, E; Rodríguez, R; Ramos, Z. (Ed.). 2019. Enfermedades, males y plantas medicinales de Chuquisaca: así nos curamos en la Marka Quila Quila (en línea). Sucre, Bolivia. Túpac Katari (ed). ISBN: 978-99974-839-6-6. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en https://usfx.bo/Documentos/Herbario/Asi_nos_curamos_en_Quila_Quila.pdf
- Casas, CMC; Alarcón, JM. 1999. Meteorología y clima. Barcelona, España. UPC (ed). 162 p. ISBN: 84-8301-355-X.
- Chow, VT; Maidment, DR; Mays, LW. 1994. Hidrología aplicada. Primera edición. Bogotá, Colombia. McGRAW-HILL, Inc. (ed). 584 p. ISBN:0-07010810-2.
- Claire, LB. 2006. Geología y geomorfología. Centro de levantamientos aeroespaciales y aplicaciones SIG (CLAS) (en línea). 1-18. Consultado 24 feb. 2023. Disponible en <https://docplayer.es/62524685-Fisiografia-de-bolivia.html>
- Coleman, DC; Crossley, JDA; Hendrix, JPF. 2004. Fundamentals of soil ecology. Second edition. California, United States Of America. Elsevier (ed). 386 p. ISBN: 0-12-179726-0.
- CS (Correo del sur). 2017. Proyecto protección de la cuenca del río Ravelo (en línea). Consultado 07 ago. 2023. CS. 1 p. Disponible en https://correodelsur.com/local/20171224_preservacion-de-cuenca-ravelo-beneficia-a-sucre.html
- Dedousis, AP; Bartzanas, T. (Ed). 2010. Soil Engineering. Springer (ed). 230 p. ISBN 978-3-642-03680-4.
- Echavarren, JM. 2011. La política del cambio climático. RIS, (69)1:517-540.
- ELAPAS (Empresa local de agua potable y alcantarillado Sucre). 2019. Plan de desarrollo quinquenal 2019 – 2023 (en línea). Sucre, Bolivia. Consultado 01 mar. 2023. Disponible en <https://www.elapas.com.bo/admin/ckfinder/userfiles/files/PDQ%202019-2023%20ELAPAS%20JULIO%20%202019-1.pdf>
- Eldor, AP. (Ed). 2007. Soil microbiology, ecology, and biochemistry. Third edition. USA (ed). 514 p. ISBN 13: 978-0-12-546807-7.
- ESA (Agencia espacial europea). 2023. Mapa mundial sobre la cobertura vegetal (en línea). Consultado 30 nov. 2023. Disponible en <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>
- Espinoza, JC; Ronchail, J; Lavado-Casimiro, W; Carranza, J; Cochonneau, G; De Oliveira, E; Pombosa, R; Vauchel, P; Guyot, JL. 2010. Variabilidad espacio-temporal de las lluvias en la cuenca amazónica y su relación con la variabilidad hidrológica regional. Un enfoque particular sobre la región andina. Revista peruana geo-atmosférica rpga (2):99-130.
- FHT (Foro histórico de las telecomunicaciones). 2023. Joule, James Prescott (en línea). AEIT. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <https://forohistorico.coit.es/index.php/personajes/personajes-internacionales/item/joule-james-prescott>
- García, CL; Zander, F; Kralisch, S; Ravelo, AC; García, CM; Flügel, WA. 2012. Importancia de los sistemas de información integral para el manejo integrado de cuencas hidrológicas (en línea). Research Gate. 1-11. Consultado 23 aep. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Sven-Kralisch/publication/268367877_Importancia_de_los_Sistemas_de_Informacion_Integral_para_el_manejo_integrado_de_cuencas_hidrologicas/links/54bd030c0cf218da93901f87/Importancia-de-los-Sistemas-de-Informacion-Integral-para-el-manejo-integrado-de-cuencas-hidrologicas.pdf
- García-Alzate, CA; Villegas-Acosta, PA; César Román-Valencia, C. 2017. Análisis fisicoquímico y biológico del río Santo Domingo, afluente río Verde, cuenca del río La Vieja, alto Cauca, Colombia. Bol.Cient.Mus.Hist.Nat. 21(1):31-51.
- Gaspari, FJ; Rodríguez, VAM; Senisterra, GE; Denegri, G; Delgado, MI; Besteiro, S. 2012. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. UGMDOMUS (4):143-158.
- Goosen, D. 1967. L'interpretation des photographies aeriennes dans les études pédologiques (en línea). Bulletin pédologique de la FAO 6:1-57p. ISBN 92-5200105-0. Consultado 01 mar. 2023. Disponible en [https://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=QFAtaxUloMMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Goosen,+D.+\(1967\)&ots=CprzXchmlh&sig=l0yFo624amlu1RuQICzeJ7Zaho8#v=onepage&q=Goosen%2C%20D.%20\(1967\)&f=false](https://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=QFAtaxUloMMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Goosen,+D.+(1967)&ots=CprzXchmlh&sig=l0yFo624amlu1RuQICzeJ7Zaho8#v=onepage&q=Goosen%2C%20D.%20(1967)&f=false)
- Guerrero, LM. 2012. El agua. Quinta edición. México. Fondo de cultura económica (ed). 130 p. ISBN 978-607-16-0354-8.
- Gutiérrez, ALP; Rodríguez, BLP. (Ed.) 2012. Sistematización de experiencias, Memoria de lecciones aprendidas de la asistencia técnica al apoyo sectorial al plan nacional de cuencas hacia una gestión integral del agua en Bolivia. PNC. 1-55.
- Gutiérrez, RJ. 2013. Guía rápida para identificar la flórula del Centro de Investigación e Innovación Villa Carmen, Yotala. Sucre, Bolivia (en línea). Túpac Katari (ed). 102 p. ISBN: 978-756-6612-32-8. Consultado 13 ago. 2022. Disponible en https://usfx.bo/Documentos/Herbario/guia_rapida_Florula.pdf

- GW (Global watersheds). 2023. Watershed boundary, River network (en línea). Consultado 19 jul. 2023. Disponible en <https://mghydro.com/watersheds/>
- INE (Instituto nacional de estadística). 2012. Bolivia características de población y vivienda, censo nacional de población y vivienda 2012 (en línea). Consultado 13 ene. 2023. Disponible en <https://www.bivica.org/files/censo-resultados.pdf>
- IS (Instituto Sinchi). 2023. La Cuenca de la amazonia suramericana (en línea). Consultado 30 nov. 2023. Disponible en <https://sinchi.org.co/region-de-la-cuenca-del-rio-amazonas1>
- Jiménez, RE; Mena, AM; Wong, CP. 2011. Diagnóstico de la cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica del río California –Valdivia (en línea). Research Gate. Consultado 11 sept. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/277731485_Diagnostico_de_la_cobertura_vegetal_de_la_cuenca_hidrografica_del_rio_california_valdivia
- Lal, R; Shukla, MK. 2004. Principles of soil physics. 1st Edition. New York, U.S.A. MARCEL DEKKER, INC. (ed). 682 p. ISBN: 0-8247-5324-0.
- Linés, EA. 1998. Contribución al concepto de clima. Territoris. 1:203-213.
- Londoño, ACH. 2001. Cuencas hidrográficas: bases conceptuales – caracterización-planificación-administración. Trabajo de año sabático. Universidad del Tolima. Ibagué. 359 p.
- MA (Ministerio del agua). 2007. Plan nacional de cuencas, marco conceptual y estratégico (versión 01) (en línea). La Paz. Viceministerio de cuencas y recursos hídricos. Consultado 14 feb. 2023. Disponible en <https://www.bivica.org/files/cuencas-plan-nacional.pdf>
- Malone, TF. (Ed). 1951. Compendium of meteorology. BALTI MORE, MD., U.S.A. Waverly Press, Inc (ed). 1134 p. ISBN 978-1-940033-70-9.
- Marca-Zevallos, MJ; et al. 2022. Local hydrological conditions influence tree diversity and composition across the Amazon basin (en línea). John Wiley & Sons, Ltd. 1-17. Consultado 11 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1111/ecog.06125>
- MB (Municipios de Bolivia). 2023. El municipio de Ravelo (en línea). Municipios de Bolivia 1-1. Consultado 22 mar. 2023. Disponible en <https://www.municipio.com.bo/municipio-ravelo.html>
- McLaren, SJ; Kniveton, DR. (Ed). 2000. Linking climate change to land surface change, United States of America (en línea). Springer (ed). 276 p. ISBN: 0-7923-6638-7. Consultado 09 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1007/0-306-48086-7>
- MMAYA (Ministerio de medio ambiente y agua). 2010. Delimitación y codificación de unidades hidrográficas de Bolivia metodología pfa/stetter. La Paz, Bolivia. 15 p.
- MMAYa (Ministerio de Medio Ambiente y Agua). 2019. Proyecto Manejo Integral de la Cuenca del Río Ravelo (en línea). KFW. 1-2. Consultado 17 ago. 2023. Disponible en https://www.bivica.org/files/5300_cuenca-ravelo-kfw.pdf
- MMAYA (Ministerio de medio ambiente y agua). 2023. Manejo integral de la cuenca del río Ravelo: microcuencas Tejahuasi, Sauce Mayu y Chillcani-Challuma (en línea). Consultado 30 nov. 2023. Disponible en <https://infosicon.com/manejo-integral-de-la-cuenca-del-rio-ravelo-microcuencas-tejahuasi-sauce-mayu-y-chillcani-challuma-ict549767.html>
- Molina, M; Sarukhán, J; Carabias, J. 2017. Cambio climático. México. Fondo de cultura económica (ed). 235 p. ISBN 978-607-16-5077-1 (ePub).
- Monin, AS. 1986. An introduction to the theory of climate. U.S.A. CIP (ed). 261 p. ISBN-13: 978-94-010-8507-6.
- Monsalve, SG. 1995. Hidrología en la ingeniería. 2ª edición. Santa fe de Bogotá, Colombia. ECI (Ed.). 359 p. ISBN: 958-95742-1-1.
- Montalvo, M; Orias, J. 2014. Diversidad de helechos en bosques secos del noroeste de Chuquisaca (Cuenca del río Cachi Mayu del municipio de Yotala) (en línea). Ciencias Tecnológicas y Agrarias, Handbooks-©USFX. 239-250. Consultado 23 jun. 2023. Disponible en https://handbook.usfx.bo/nueva/Dicyt/Handbooks/Ciencias%20Tecnol%C3%B3gicas%20y%20Agrarias_2/Ciencias%20Tecnol%C3%B3gicas%20y%20Agrarias_Handbook_Vol%20I/PAPERS_25/Ciencias%20tecnologicas%20Handbook_Vol%20I_19.pdf
- Montaño, FD; Sosa, JAS; Huaylla, CRB; Rengel, RM; Nuñez, LC; Vera, AA. 2018. Evaluación de impacto ambiental por el método Battelle-Columbus modificado de la planta de tratamiento de aguas residuales “El Campanario” para la etapa de funcionamiento 2018 (en línea). Studocu 1-93 p. Consultado 10 ago. 2023. Disponible en <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-real-y-pontificia-san-francisco-xavier-de-chuquisaca/ingenieria-mecanica/eia-de-la-ptar-el-campanario/6448135>
- Montero, TJ. 2022. Relación de la radiación solar con la producción de plantas: agroproductivas. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, Bolivia. 9(1):52-66. Consultado 13 abr. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.53287/oqym7033yy88k>
- Montoro, JM; Morin, H; Gauthier, S; Vergeron, Y. (Ed). 2023. Boreal Forests in the Face of Climate Change Sustainable, Sustainable Management (en línea). Advances in Global Change Research 74. Cham, Switzerland. Springer (ed). 837 p. ISBN 978-3-031-15987-9. Consultado 11 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-3-031-15988-6>
- Mora, GD. 2021. Sadi Carnot: El padre de la termodinámica. Tecno Historia. (12)1:82-85.
- Moreno, DA; Renner, I. (Ed.). 2007. Gestión integral de cuencas, La experiencia del proyecto regional cuencas Andinas. Primera edición. Perú. CIP (Ed.). 234 p. ISBN: 978-92-9060-297-2
- Moreno-Sánchez, RDP; Maldonado, JH. 2021. Avances recientes en los conceptos de servicios ambientales, pagos por servicios ambientales y condiciones para su éxito: lineamientos para formuladores de política y practicantes. Bogotá, Colombia. CEDE (ed). 75 p.

- ISSN:1657-7191.
- Moya, N; Santander, M; Fernández, B. 2019. Evaluación de la calidad ecológica de los ríos Quirpinchaca y Cachimayu usando macroinvertebrados como bioindicadores de contaminación. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*. 17(19):11-22.
- Nicolescu, B. 1996. *La transdisciplinariedad manifiesto*. Primera edición. Sonora, México. Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, A.C. (ed). 103 p. ISBN: 978-607-7715-00-9.
- Novoa, GZI. (Ed.). 2011. *Que es cuenca hidrográfica* (en línea). Sociedad Geográfica de Lima. ISBN: 978-9972-602-76-4. Consultado 21 nov. 2022. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf
- OPS (Organización panamericana de la salud). 2021. *Agua, saneamiento e higiene en establecimientos de atención de salud de siete países de América Latina* (en línea). OMS. 96 p. ISBN: 978-92-75-32464-6. Consultado 15 sept. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.37774/9789275324653>
- OPS (Organización panamericana de la salud). 2023. *Datos/Estadística, Agua potable y saneamiento en las Américas* (en línea). OMS. Consultado 17 jul. 2023. Disponible en <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>
- Page, MJ et al. 2021. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas (en línea). *Revista Española de Cardiología*. 74(9):790–799. Consultado 01 jul. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pérez, JR. 2013. Perspectivas didácticas de una aproximación histórica a la medición y concepto de Temperatura. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* (7)3:456-467
- Pérez, ME. 2012. *Naturaleza, paisaje y sociedad en la experiencia viajera: misioneros y naturalistas en América Andina durante el siglo XVIII*. Primera Edición. Serie magíster volumen 110. Quito, Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador Corporación Editora Nacional (ed). 95 p. ISBN: 978-9978-84-596-7.
- PNMC (Plan nacional de manejo de cuencas).1997. *Mapa de grandes cuencas hidrográficas* (en línea). FAO. 1-1. Consultado 06 may. 2023. Disponible en https://www.udape.gob.bo/portales_html/portalSIG/atlasUdape1234567/atlas09_2007/html/h00f.htm
- Saavedra, C. (Ed.) 2015. *La gestión integrada de los recursos hídricos y el manejo integral de cuencas desde la perspectiva de las comunidades campesinas*. PNC. 1-10.
- Saavedra, GA; López, LDM; Castellanos, FLA. 2019. *Análisis integral del paisaje. Elementos conceptuales y metodológicos. Estudio de caso cuenca rio Usumacinta* (en línea). 97p. ISBN: 978-607-98310. ISBN: 978-607-98310. Consultado 05 may. 2023. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/361846560>
- Saavedra, GA; Castellanos, FLA. 2013. *Análisis fisiográfico región del Bajo Usumacinta México*. CONACYT. 1-61.
- Sánchez, ZCA. 2014. *Evolución del concepto de cambio climático y su impacto en la salud pública del Perú*. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 33(1):128-138.
- Sauer, OC. 2005. *La gestión del hombre en la tierra y otros ensayos* (en línea). California. 96 p. Consultado 11 jun. 2023. Disponible en <https://api.repositorios.cihac.fcs.ucr.ac.cr/cmelenendez/api/core/bitstreams/d554bc2f-f687-4f3c-8d0f-8c5ab0511564/content>
- SEI (Stockholm Environment Institute). 2023. *La gestión del agua en Cochabamba: 20 años después de las guerras del agua* (en línea). Consultado 19 may. 2023, Disponible en <https://www.sei.org/projects-and-tools/projects/la-gestion-del-agua-en-cochabamba-20-anos-despues-de-las-guerras-del-agua/>
- Vardavas, IM; Taylor, FW. 2007. *Radiation and Climate*. Great Britain. Oxford University Press (ed). 492 p. ISBN 978-0-19-922747-1.
- Villota, H. 1997. *Clasificación fisiográfica del terreno* (en línea). CIAF 1-24. Consultado 06 jun. 2023. Disponible en <https://www.scribd.com/document/258078817/Clasificacion-Fisiografica-Del-Terreno-hugo-Villota>
- Yohannes, O. 2008. *Water Resources and Inter-Riparian Relations in the Nile Basin, The Search for an Integrative Discourse United States of America*. Suny (ed). 256 p. ISBN 978-0-7914-7431-0.
- Zander, F; Kralisch, S. 2016. *River Basin Information System: Open Environmental Data Management for Research and Decision Making*. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2016, 5, 123.
- Zapata, VR; Hernández, OC; Torres, BJ. 2021. *Modelización hidrológica de la cuenca Cachi Mayu aplicando el software Hydrobid*. *Bolivia, Agua y Medio Ambiente - N° 5*, 2-12.

Artículo recibido en: 14 de septiembre del 2023

Aceptado en: 17 de diciembre del 2023