

Efectos de las competencias de los múltiples actores en la gestión de la reducción de la escasez del agua en la subcuenca del río Shullcas, área metropolitana de Huancayo-Perú

Effects of the competencies of multiple actors in the management of the reduction of water scarcity in the sub-basin of the Shullcas River, metropolitan area of Huancayo-Peru

 Bullón, Victor .¹,  Bullón, Socorro J.² y  Romero, Katherine S.¹

¹ Facultad de Economía, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

² Departamento de diseño y construcción, AGER Ingeniería Estructural, Huancayo, Perú.

Resumen: Se buscó determinar los efectos de la diversidad de competencias técnicas, financieras, legales, sociales y ambientales de los múltiples actores en la gestión de la reducción de escasez de agua en la sub cuenca del río Shullcas, área metropolitana de Huancayo-Perú. (2) Método: basado en cuasi experimentos, de corte transversal, semi cuantitativo, que incluyó población y muestra intencionada de 21 organizaciones, con competencias definidas por ley o estatuto u otros, operacionalizadas en encuestas, interrelacionadas en modelos participativos, diagramas causa-efecto y mapas cognitivos difusos, apoyadas por el software mentalmodeler. (3) Resultados: del total de respuestas obtenidas, el 25% precisaron competencias de tipo social, 22% de tipo ambiental, 20% de tipo técnica, 19% de tipo legal y 13% de tipo financiera, pero no reflejaron acciones importantes en la gestión de reducción de escasez de agua (4%). (4) Conclusiones: en la dinámica de los escenarios hipotéticos se determinó efectos importantes en la gestión de la reducción de la escasez de agua a través de cambios fuertes favorables (+1) en la ejecución de las variables de estado de las competencias legales, de las competencias técnicas, de las competencias ambientales, de las competencias financieras, y de las competencias sociales; con 40%, 35%, 35%, 30%, y 25% de variables de estado preferidos en escenarios futuros respectivamente. **Palabras clave:** Competencias específicas, gestión de recursos hídricos, reducción de escasez de agua, matriz lógica difusa, escenarios hipotéticos.

Abstract: Was to determine the effects of the diversity of technical, financial, legal, social and environmental competencies of the multiple actors in the management of the reduction of water scarcity in the sub-basin of the Shullcas River, metropolitan area of Huancayo-Peru. (2) Methods: based on quasi-experiments, cross-sectional, semi-quantitative, which included population and intentional sample of 21 organizations, with competencies defined by law or statute or others, operationalized in surveys, interrelated in participatory models, cause-effect diagrams and fuzzy cognitive maps, supported by the mentalmodeler software. (3) Results: Of the total responses obtained, 25% specified social competencies, 22% environmental competencies, 20% technical competencies, 19% legal competencies, and 13% financial competencies, but did not reflect important actions in water scarcity reduction management (4%). (4) Conclusions: In the dynamics of the hypothetical scenarios, important effects were determined in the management of water scarcity reduction through strong favorable changes (+1) in the execution of the state variables of legal competencies, technical competencies, environmental competencies, financial competencies, and social competencies; with 40%, 35%, 35%, 30%, and 25% of state variables preferred in future scenarios respectively. **Keywords:** Specific competencies, water resources management, water scarcity reductio, fuzzy logic matrix, hypothetical scenarios.



Referencia: Bullón, V., Bullón, S. J., Romero, K. S. (2024). Efectos de las competencias de los múltiples actores en la gestión de la reducción de la escasez del agua en la subcuenca del río Shullcas, área metropolitana de Huancayo-Perú. *Prospectiva Universitaria en Ciencias Administrativas, Contables y Económicas*, 05(02), 26–38. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/pucace/article/view/2423>

Recibido: 30 de enero de 2025
Aceptado: 27 de febrero de 2025
Publicado: 05 de febrero de 2025

Prospectiva Universitaria
en Ciencias Administrativas, Contables
y Económicas. Vol. 05, núm. 02, julio
a diciembre, 2024. Esta obra está bajo
una licencia de Creative Commons



CC BY 4.0 DEED
Attribution 4.0 International
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1. Introducción

La escasez del agua originada por la variabilidad de los fenómenos climatológicos y socionaturales se visibiliza por las macrosequías (Oppliger et al., 2019) en las cuencas de los ríos, con las consiguientes pérdidas económicas (agrícolas y pecuarias), destrucción de los servicios ecosistémicos hídricos, migraciones forzadas, y afectaciones a la salud de las personas asentadas en un territorio (Alvarez-Garreton et al., 2023; Borràs & Villavicencio, 2023; Qin et al., 2022). Por lo mismo, cuando el caudal no es suficiente por la disminución de las precipitaciones, se afectan las funciones ecológicas del río, corriendo el riesgo extremo de escasez del agua en las cuencas hídricas, lo que refleja la prioridad del Estado de medidas de tipo institucional, infraestructural y tecnológica, invisibilizando debilidades de posibles causas antrópicas como dimensiones estructurales, distribución de los recursos hídricos o de gestión del agua (Alvarez-Garreton et al., 2023; Oppliger et al., 2019), cuya asimetría exacerba la disponibilidad y seguridad hídrica, con la conflictividad social y política asociada, durante la ocurrencia cada vez más frecuentes de períodos prolongados de sequía como es el caso de la sierra centro y sur del Perú.

Además, para hacer frente a fenómenos meteorológicos extremos, contrastantes con menor intensidad de las precipitaciones, más periodos de sequías (McGill et al., 2019), contaminación del agua, olas de calor, y contaminación del aire, las soluciones basadas en la naturaleza (NBS, por sus siglas en inglés) son cada vez más relevantes, no obstante que su implementación aún se limitan por barreras socio-institucionales más que por aspectos técnicos (Coletta et al., 2021), siendo necesarias inversiones en infraestructuras verde urbana con beneficios como cuerpos modificadores de la dirección y velocidad del viento, reducción de la contaminación, alteración del microclima (Tiwarý & Kumar, 2014) o infraestructura verde-azul, que tienen la capacidad de brindar múltiples beneficios, como reducción del riesgo de inundaciones, minimización de costos, mejora de co-beneficios (Alves et al., 2018), asociados a su viabilidad ecológica, social y económica (Alves et al., 2020). Así mismo, Faivre et al. (2017), abordaron desafíos desde presiones sobre la salud y el bienestar humanos hasta el agotamiento del capital natural y la seguridad de los alimentos, el agua y la energía, a través de una nueva perspectiva, con NBS y convertirlos en oportunidades de innovación que optimicen las sinergias entre la naturaleza, la sociedad y la economía. A través de expertos, desarrollaron consultas y diálogos que buscaban hacer más concreto el concepto de estas soluciones y definir el lugar del concepto dentro

del espectro de enfoques basados en ecosistemas. Aplicaron encuestas para recabar opiniones y percepciones de los ciudadanos sobre la “Naturaleza en las ciudades para proporcionar más información para el trabajo futuro. Los resultados obtenidos se tradujeron en el desarrollo de una agenda de investigación e innovación para NBS (p. 509).

Precisamente, los problemas de sequía hídrica, al tratarse solo con soluciones técnicas, derivan en fracasos en los resultados de los decisores de política, al no considerar los intereses y conocimientos de partes interesadas claves o los aspectos socioeconómicos del problema, evidenciados por el poco apoyo técnico, político y financiero de los niveles de gobierno en adoptar modelos participativos (Inam et al., 2015). En particular, Alvarez-Garreton et al. (2023) en sus análisis de riesgos de escasez de agua en situaciones de estrés hídrico y los caudales ambientales protegidos en 277 cuencas, contrastadas en escenarios tanto hidroclimática como topográficamente, con diferentes regímenes hidrológicos, disponibilidad de agua y sistemas de gestión del agua para proteger las funciones ecológicas de los ríos en Chile; encontraron que el vínculo entre el flujo mínimo, asignación de agua y seguridad hídrica no están incorporados consistentemente en el Código de Aguas de Chile y sus reformas; incumpliendo los requisitos ambientales, colocando a las cuencas hidrográficas en un riesgo extremo de escasez de agua.

Por otro lado, Castro (2022), propuso como objetivo presentar y demostrar con enfoques de pensamiento sistémico holístico, métodos mixtos (cualitativo y semicuantitativo), modelos participativos (PM, por sus siglas en inglés), diagramas causa efecto (CLD, por sus siglas en inglés) mapas cognitivos de lógica difusa (FCM, por sus siglas en inglés), en un estudio de caso de NBS y formulación de políticas en comunidades propensas a inundaciones en Houston, Texas, EE. UU., para comprender mejor: cómo responderá el sistema complejo interactivo entre decisores, la sociedad y la naturaleza, a las estrategias de gestión únicas, en términos de sinergias y conflictos de políticas, y: por qué el sistema se comporta como tal, de acuerdo con las retroalimentaciones causales integradas en la dinámica del sistema (p. 413), identificando resultados donde el “Ciclo climático”, es una oportunidad para equilibrar el sistema de implementación de NBS, al lograr un nivel deseable de mitigación del clima, por ejemplo, regulación del calor urbano, reducción del flujo de aguas pluviales, mejora de la calidad del agua y secuestro de carbono. También, Coletta et al. (2021), al combinar CLD para describir el sistema en términos de conexiones causales e influencias mutuas, incorporando apor-

tes y reflexiones de actores interesados tanto institucionales (por ejemplo, ministerios y municipios) como no institucionales (por ejemplo, ONG y miembros de las comunidades locales), con una matriz de desempeño de lógica difusa; ayudaron a los tomadores de decisiones, identificar y facilitar el proceso de selección y análisis de NBS, considerando los múltiples impactos asociados con su implementación (p. 1).

Así mismo, Inam et al. (2015); propusieron el modelado participativo como un componente integral de la gestión integrada, adaptativa y colaborativa de los recursos hídricos, permitiendo la participación de las partes interesadas clave (con poca experiencia, tiempo y recursos financieros) en el desarrollo de modelos de dinámica de sistemas cualitativos (diagramas de causa efecto) tanto individuales como grupales en países en desarrollo, caso de la región de Rechna Doab de Pakistán, para abordar problemas de salinidad del suelo en la cuenca hidrográfica. Incluyeron variables como el cambio de uso de la tierra, los subsidios gubernamentales y la conciencia de las partes interesadas. Los resultados demostraron la utilidad del enfoque propuesto, basado en el uso de diagramas de causa efecto para iniciar la participación de las partes interesadas en procesos de construcción de modelos participativos, resaltando aspectos socioeconómicos de la salinidad del suelo.

Más aún, Gray et al. (2015), examinaron la utilidad de FCM para promover el análisis de resiliencia entre las partes interesadas en términos de identificar variables de estado claves de sistemas socioecológicos (SES, por sus siglas en inglés), evaluar estados de equilibrio de SES alternativos y definir resultados de estado deseables o indeseables a través del análisis de escenarios, bajo las presiones actuales y diversas acciones potenciales de gestión. Precisan que los FCM se derivan de la teoría de grafos y son semicuantitativos, por lo que, la estructura estática entre las variables de estados se puede representar en términos de matriz de adyacencia, y ponderar los valores positivos o negativos que definen las relaciones entre variables en una escala entre +1 y -1. Utilizaron datos de casos de cambios en las poblaciones de vida silvestre y el bienestar de la comunidad en relación con el aumento de la inmigración al área que limita con el Parque Nacional del Serengeti en Tanzania. Los datos fueron recolectados en un taller con 15 expertos (locales) en caza de animales silvestres, con 22 componentes (variables) y 52 conexiones entre los componentes, sistematizados en modelos FCM, combinando mapas cognitivos con aspectos de lógica difusa. Los hallazgos encontrados en escenarios por ejemplo, con aumento de la población

humana, mostraron un 33% de 15 variables preferidas por los participantes con trayectoria de estado no deseado, 41% de variables sin cambio y 26 % de variables (disminución en destrucción de cultivos por parásitos, disminución en las malas cosechas de cultivos, aumento en la disponibilidad de alimentos y agua, y hábitat cerca de las aldeas) con trayectoria hacia un estado preferido. También, al agregar planes de manejo al escenario de aumento de las poblaciones humanas, encontraron que el 67% de los componentes o variables indicaron un cambio hacia un estado preferido, siendo los ingresos y la participación los que pasaron de valores negativos a valores positivos en el nuevo escenario, percibidos como los más afectados por la acción de gestión y fomentar un estado más preferido del sistema al cruzar un umbral de un estado no deseado a un estado deseado (p. 6). En conclusión, los FMC brindan la oportunidad de ayudar a las partes interesadas a participar en las decisiones de gestión, integrando preferencias y valores en modelos cognitivo-explicativos, mediante las cuales apoyan predicciones y acciones posteriores, para cerrar la brecha entre los enfoques cualitativos y cuantitativos en la evaluación participativa de la resiliencia de los actores y, en última instancia, la gestión de recursos. También, Walker et al. (2004), enfatizan que la dinámica de los sistemas socio-ecológicos (SES por sus siglas en inglés) se puede describir y analizar de manera útil en términos de un ciclo adaptativo, que pasa por cuatro fases. Dos de ellos, con una fase de crecimiento y explotación (r) que se fusiona en una fase de conservación (K) (p. 2), de carácter dinámico, lento y acumulativo, razonablemente predecible. A medida que continúa la fase K , el sistema se vuelve progresivamente menos flexible y sensible a los choques externos (p. 2). Inevitablemente, es seguido por una fase caótica de colapso y liberación (Ω) que rápidamente da paso a una fase de reorganización (α), que puede ser rápida o lenta, y durante la cual la innovación y las nuevas oportunidades son posibles. Las fases y juntas comprenden un enlace inverso indefinido e impredecible. La fase conduce a una fase r posterior, que puede parecerse a la fase r anterior (p. 2) o estado de equilibrio o paisaje de estabilidad o ser significativamente diferente como un estado indeseable. Por lo que, durante el ciclo adaptativo, los SES pueden retroceder de K a r , o de r directamente a Ω , o de vuelta de α a Ω (p. 2).

Luego, Bure (2017), propuso explicar que existe un límite superior de la capacidad humana para procesar información sobre elementos que interactúan simultáneamente con precisión fiable y validez. Utilizó diagramas de causa-efecto como un método para mapear la

complejidad de un sistema de interés de actores que comprende variables, relaciones causales y polaridades entre ambos enlaces y ciclos de retroalimentación. Aplicó en dos estudios de casos para explicar los detalles del método, probar su aplicabilidad y resaltar el valor agregado. Sugirió que, el método puede ayudar a hacer frente a la complejidad en cualquier dominio, en el que se utilizan diagramas de causa-efecto (pp. 1, 3). En particular, [De Miguel \(2006\)](#) conceptúa competencias de las personas como la capacidad de articular y movilizar recursos personales (cognitivos y no cognitivos) y del entorno, para actuar y así responder con garantía situaciones problemáticas complejas en un contexto académico o profesional determinado. [Baena \(2015\)](#), conceptúa competencias esenciales, como una capacidad central, la habilidad exclusiva de una empresa, que a otra le sería muy difícil de imitar (p. 186). Infiriéndose que, los componentes de la competencia son: conocimientos y capacidades intelectuales, habilidades y destrezas transversales, actitudes y valores. Pueden ser competencias blandas (por ejemplo, pensamiento crítico, capacidad de análisis, innovación y creatividad, sentido holístico, adaptación a los cambios, trabajo en equipo) y competencias específicas o técnicas (por ejemplo, agentes de cambio organizacional: lidera y ejecuta proyectos de transformación organizacional, agregando valor a los procesos de la empresa. Gestión de inversiones). Así, por ejemplo, los actores pueden aportar con conocimiento, recursos económicos, respaldo legal, capacidad de gestión, entre otros aspectos ([CONDESAN, 2015](#), p. 18).

Es así que, la complejidad del sistema de la gestión ambiental, surge del grado de integración entre las dimensiones del comportamiento humano (por ejemplo, intervenciones políticas, activismo comunitario, cambios en la percepción) y de las respuestas ambientales (por ejemplo, desempeño del ecosistema, actividades de conservación / restauración, entre otras). También el sistema es complejo por sus subcomponentes móviles, trayectorias dinámicas, donde cada una de dichos nodos o variables se impactan retroalimentándose mutuamente a través de un comportamiento emergente, en medio de alternativas de estrategias políticas, y adopción holística del pensamiento sistémico, dando lugar a interacciones óptimas entre los subcomponentes del sistema ([Castro, 2022](#)).

En el caso de la región central del Perú, específicamente la ciudad de Huancayo, se evidencia una población urbana metropolitana de 461 499 habitantes ([Gobierno Regional de Junín, 2019](#)), con un crecimiento anual del 1.6% por alta migración, con el consiguiente aumento en 54% de la superficie urbanizada

entre el 2007 al 2020 ([Arana, 2021](#)), agravada por la perspectiva mundial de que los suelos aún agrícolas se urbanicen aún más, siendo estos espacios urbanos sistemas complejos, donde interactúan entornos naturales, sociales e infraestructuras construidas ([Alves et al., 2020](#)), con tendencias crecientes de superficies impermeables (pistas, veredas, drenajes urbanos), intensificación de la escorrentía y más profundidad del nivel de aguas subterráneas en el área de servicios de agua y saneamiento, inundaciones urbanas y contaminación de los cuerpos e infraestructuras de agua receptoras, aumentando los desafíos de los residentes, de los formuladores de políticas y funcionarios de los tres niveles de gobierno; hacia el logro de ciudades desarrolladas y sostenibles ([Alves et al., 2018](#); [Jha et al., 2012](#)).

Así mismo, los habitantes de la ciudad de Huancayo utilizan recursos hídricos tanto del río Sullcas -tributado por 10 lagunas (de origen glaciar-nevado de Huaytapallana- y de origen pluvial), con manantiales y bofedales-, como de los recursos hídricos subterráneos. Sin embargo, la continuidad del servicio por ejemplo de agua potable está por debajo de 24 horas día, agravada en épocas de sequía (ausencia prolongada o escasez acusada de precipitación) con caudales mínimas del río de hasta 1,5 m³ /s (metros cúbicos por segundo), resultando insuficiente abastecimiento tanto para uso consuntivo como no consuntivo de los habitantes urbanos de la ciudad de Huancayo ([Gobierno Regional de Junín, 2019](#)). Urge la necesidad de una acción conjunta de los gobiernos (nacional, regional, local), sectores (económicos, sociales, ambientales), las ONG, la sociedad civil (universidades, colegios profesionales, entre otros), para el control y gestión de inundaciones o sequías hídricas.

Por lo que, al no estar claro la participación de los actores organizados en base a sus competencias específicas, y visibilizar en la sub cuenca del valle del río Shullcas, las complejas interrelaciones entre los entornos naturales, sociales, económicos, infraestructuras construidas, y la variabilidad del cambio climático, asociadas a las incertidumbres de las condiciones del futuro; esta investigación pretendió determinar los efectos de la diversidad de competencias técnicas, financieras, legales, sociales y ambientales de los múltiples actores en la gestión de la reducción de escasez de agua en la sub cuenca del río Shullcas, área metropolitana de Huancayo-Perú, que permitió jerarquizar las competencias y las relaciones causa-efecto de variables asociadas a cada actor individual o grupal, fortaleciendo la toma de decisiones y la gestión integral y efectiva de reducir la escasez de agua tanto en el presente como en escenarios del futuro.

2. Método

2.1. Procedimiento

En el marco de los arquetipos del pensamiento sistémico dada la complejidad de las interrelaciones entre las variables de las competencias específicas de cada actor de interés, se priorizaron el uso de métodos semicuantitativos, de tipo aplicado, cuasi experimental, de corte transversal, para tratar de explicar los efectos en gestión de la reducción de escasez de agua, con escenarios, ante cambios en al menos una variable de estado, contenidas en las competencias específicas como: Técnicas, Financieras, Legales, Sociales, Ambientales, cada actor del área geográfica de interés.

2.2. Muestra o participantes

Se incluyó población y muestra intencionada bola de nieve, es decir, actores representativos públicos o privados, cuyas competencias específicas definidas por ley o estatuto u otros (Giordano & Liersch, 2012), están relacionadas a la gestión de reducción de escasez de agua, de alcance local, regional y nacional, que interactúan en la subcuenca del río Shullcas. Estos actores fueron: (1) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)-Sede desconcentrada, (2) Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)-Sede desconcentrada, (3) Gobierno provincial Huancayo, (4) Gobierno distrital El Tambo, (5) Gobierno distrital Chilca, (6) Gobierno distrital Huanca., (7) Gobierno Regional Junín, (8) Consejo de recursos hídricos cuenca Mantaro, (9) Comité de gestión sub cuenca Shullcas, (10) CIP - Consejo departamental de Junín, (11) Minedu-Dirección regional, (12) Minsa-Dirección regional, (13) Ministerio del Ambiente (MINAM), (14) Midagri-Dirección regional, (15) Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), (16) Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), (17) EPS SEDAM HUANCAYO, (18) Autoridad Nacional del Agua (ANA)-Autoridad Local del Agua (ALA), (19) Gestión Multisectorial de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Mantaro (ProGIRH), (20) Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), (21) Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

2.3. Mediciones

2.3.1. Modelado participativo (PM)

Como modelo mental estilizado, que definió las competencias específicas asociadas a las variables complejas del sistema y sus interrelaciones a partir del conocimiento de los actores interesados, representando internamente el sistema real moldeados por las interacciones de los actores interesados dentro del entorno

social, incluidos los sesgos cognitivos, los valores, los objetivos y la comprensión del entorno socioambiental (Jones et al., 2011). El PM, destacó el proceso de estructuración del problema de los efectos de las competencias específicas en la gestión de la reducción de la escasez de agua, para fortalecer una hipótesis dinámica de cómo funciona el sistema a través de observaciones del mundo real compartidas por el grupo de actores representativos. Se utilizaron fichas semi estructuradas para validar las competencias específicas y las variables pertinentes (preguntas I-II-III del cuestionario semi estructurado), en las entrevistas a los funcionarios de cada actor público o privado.

2.3.2. Diagrama de enlace causal (CLD)

Modelos cíclicos, de naturaleza conceptual, destinados a aumentar una comprensión holística de la causalidad entre las variables de las competencias específicas de cada actor individual y grupal, proporcionando direcciones de centralidad de cada variable, precisando la formulación de hipótesis dinámicas sobre cómo funciona el sistema. En los CLD, las relaciones individuales se marcaron como positivos (+), de modo que las variables relacionadas cambiaron en la misma dirección, o negativos (-), donde un cambio en una variable tiene el impacto opuesto en la variable conectada (Castro, 2022). Los enlaces se conectaron para formar relaciones de equilibrio (número impar de enlaces negativos, que contrarrestan el cambio en el sistema) o relaciones de refuerzo (número par de enlaces negativos, que propagan el cambio en todo el sistema) (Sternman, 2001). En la pregunta IV del cuestionario semi estructurado se ha considerado los alcances del CLD.

2.3.3. Mapas cognitivos difusos (FCM)

Se base semicuantitativa, se utilizaron para simular dinámicas complejas de acuerdo con la estructura del sistema y las fortalezas de las relaciones entre las variables de cada competencia específica de los actores en conjunto (pregunta V de ficha semi estructurada). Los FCM parametrizan las relaciones del sistema de acuerdo con la lógica difusa traduciendo descripciones cualitativas de fuerza (por ejemplo, baja, media alta) a pesos semicuantitativos entre -1.00 (causalidad negativa fuerte) y +1.00 (causalidad positiva fuerte) (Castro, 2022; Gray et al., 2013). Así mismo, se precisaron el uso de pesos difusos con puntuaciones respectivas: baja fuerza (± 0.25), fuerza media (± 0.50), alta fuerza (± 0.75), donde (+) representaba causalidad positiva, y (-) describía causalidad negativa (Gray et al., 2013,

2015). La matriz estructural difusa permite que cada variable se clasifique de una de tres maneras: como una variable impulsora o componente de fuerza; variable receptora o componente afectado; y variable ordinaria o componente intermedio. La importancia relativa de una variable para el sistema puede determinarse por la fuerza de sus relaciones entrantes y salientes en relación con las de otras variables a través de mediciones de centralidad.

Por otra parte, las asociaciones matemáticas por cada par de variables pertinentes por cada competencia específica del sistema, se resumieron dentro de una matriz de adyacencia cuadrada de 20x20 variables (pregunta V de la ficha semi estructurada), para cada actor y para el conjunto de actores del sistema, determinando, la dinámica de los modelos FCM mediante conexiones entre variables de cada vector de estado a lo largo del tiempo, simulando escenarios para comprender mejor los estados actuales y proyectados del sistema.

La salida de la matriz de adyacencia de una FCM se calculó utilizando álgebra matricial, según ecuación (1), sobre una serie de iteraciones para ilustrar su escenario base o una representación del estado estacionario del sistema. Esto proporcionó una instantánea de cómo las variables y los vínculos del sistema, se resuelven solos en ausencia de cambios o intervenciones, con todos los enlaces de retroalimentación desarrollados (Gray et al., 2015):

$$A_i^{(k+1)} = f \left[A_i^{(k)} + \sum_{\substack{j \neq i \\ j = i}}^N A_j^{(k)} w_{ji} \right] \quad (1)$$

donde $A_i^{(k+1)}$ es el valor del factor V_i en el paso de iteración $k+1$, $A_i^{(k)}$ es el valor del factor V_i en el paso de iteración k , $A_j^{(k)}$ es el valor del factor V_j en el paso de iteración k , la función umbral f (por ejemplo, función logística o sigmoideal) normalizó los valores en cada paso para mantener el análisis dinámico acotado, y w_{ij} es el peso o fuerza difusa de la relación entre V_i y V_j , con lo cual se calcula a través de la ecuación (2):

$$w_f^{(t=0)} = \pm \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M |w_{ij}|}{M} \quad (2)$$

Dónde $w_f^{(t=0)}$ describe la fuerza ponderada promedio de cada enlace de retroalimentación f en el momento de la simulación $t=0$, y M es el número total de

conexiones únicas dentro del enlace de retroalimentación. A la fuerza del enlace se le asigna una polaridad de “+” para reforzar y “-” para equilibrar.

Este estado inicial del sistema de variables, calculado en base a la estructura de la red y las influencias definidas entre variables, indica la región en el espacio de estados de equilibrio en la que el sistema tiende a permanecer sin cambios significativos en ninguna variable del espacio de estados. Sin embargo, los aumentos o disminuciones de las variables clave, exploran cómo el sistema podría cambiar a otro conjunto de puntos de equilibrio dentro de la misma cuenca de estudio a medida que las variables incluidas cambian artificialmente, resultando un nuevo estado del sistema que se puede comparar con el estado inicial determinando estados deseables o indeseables en diferentes escenarios exploratorios (Gray et al., 2015).

Para simular escenarios de la red FCM, las variables se denotaron como equivalentes a las neuronas que pueden activarse al inicio de la simulación, adoptando estados intermedios. Un valor de activación de + 1.00 indica que la variable se fortalece al máximo peso posible (conocido como “sujeción”), influyendo así en todas las variables conectadas a lo largo de la simulación. Por el contrario, un valor de activación de 0 significa que la variable no cambia en el inicio de la simulación y solo está influenciada por la dinámica de las conexiones causales. El estado de la variable activada, multiplicada por la matriz de adyacencia en cada paso de tiempo, se propaga a lo largo de la simulación según la causalidad, extendiéndose así de manera no lineal hasta que el sistema alcanza el equilibrio (Jetter & Schweinfurt, 2011). Cuando se aplicó a los efectos de las competencias específicas a través de variables pertinentes en la gestión de la reducción de escasez de agua, se simularon cuatro escenarios artificiales “sujetando” variables de competencias específicas seleccionadas y comparando vectores de estado final con un escenario de referencia. El grado de cambio entre el escenario activado y el escenario de línea base proyecta cómo responderá el sistema a los efectos esperados de acuerdo con las interacciones dinámicas dentro del modelo.

Por otro lado, se utilizaron técnicas de encuesta con cuestionarios semiestructurados en cinco preguntas con aspectos como: I tipos de competencias específicas; II Niveles de decisión; III Variables que más se acercan a cada familia de competencias específicas; IV Causalidad de las variables; y V Tipos de ponderación entre las variables en una escala de -1 a +1, siendo el signo - una relación inversa entre las variables y el signo + relación directa. Se elaboró y adaptó para cada actor público

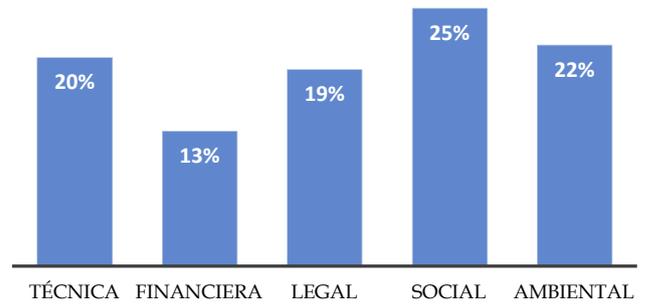
o privado de interés, en base a sus competencias específicas, y a los lineamientos metodológicos de Scriptapedia (<https://en.wikibooks.org/wiki/Scriptapedia>) (Castro, 2022). Se aplicaron a los funcionarios de cada actor público o privado de interés, para una muestra no aleatoria de 21 unidades de análisis, con competencias técnicas, financieras, legales, sociales y ambientales, necesarias para la gestión de reducción de escasez de agua en la sub cuenca del Shullcas. El tiempo promedio para responder las preguntas del cuestionario fue de 20 minutos. Se aplicó la encuesta y en otros casos la obtención de sus respuestas fue entre mediados de setiembre y fines de noviembre de 2023.

Así mismo, se utilizó el software MentalModeler (Castro, 2022), en el marco del pensamiento sistémico, dinámico y estratégico, para elaborar en base al conocimiento y percepción de cada actor de interés, el diagrama causa efecto (CLD) grupal, mapa cognitivo difuso (FCM) permitió una evaluación rápida de alternativas de escenarios hipotéticos facilitando una comprensión dinámica de los fenómenos humanos y ambientales complejos (Gray et al., 2013), esto es, a través de las variables más representativas de cada competencia específica. Complementados con el Excel para el procesamiento de los datos del cuestionario semi estructurado, respondido solo por cada uno de los 19 grupos de interés, que incluyó consentimiento informado respecto a la gestión de reducción de los efectos de la escasez de agua en épocas de estiaje prolongado.

3. Resultados

En base a los objetivos y fines de leyes de creación, estatutos, reglamentos o actas de constitución, los actores públicos o privados a través de sus funcionarios responsables con edad promedio de 45 años (s 9.2 DESVESTA), 60% varones y 40% mujeres; consignaron sus competencias específicas de tipo social con 25%, seguidas de competencias ambientales con 22%, competencias técnicas con 20%, y competencias legales con 19%, en contraste con las competencias financieras con solo 13% (Figura 2). Así mismo, el 15% se consideran actores rectores, 36% actores decisores, 31% unidades ejecutoras, 8% usuarios, y 10% otros; liderados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), Gobierno Regional de Junín, Gobierno Provincial de Huancayo, Gobiernos distritales de El Tambo, Huancayo, Chilca y Huancan, Sedam Huancayo, entre otras (Figura 1).

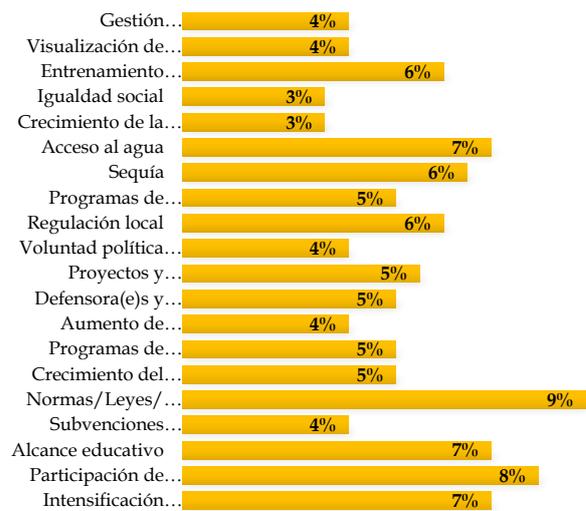
Figura 1
Importancia de las Competencias Específicas



Nota. Para el total de actores públicos o privados, según sus objetivos o fines o funciones de cada actor.

Sin embargo, en la Figura 3, de las 20 variables comprendidas en los tipos de competencias específicas de las 19 organizaciones públicas o privadas, se evidenciaron el uso de más instrumentos o variables de tipo legal como leyes, reglamentos, ordenanzas, con 9%, y regulación local con 6%; de tipo social con participación de la comunidad 8%, y alcance educativo 7%; de tipo técnico con acceso al agua 7%, entrenamiento técnico 6%, proyectos de inversión 5%, aumento de urbanización 4%, y programa de mantenimiento 5%; de tipo financiero con financiamiento local 5% y programa de incentivos 5%; y de tipo ambiental con intensificación climática 7%, sequía hídrica 6%, hábitat natural 5%, y gestión de reducción de escasez del agua 4%.

Figura 2
Concentración de Variables



Nota.

Resultados corresponden al MVCS, en competencias técnicas: Urbanización, entrenamiento técnico, proyectos de inversión. En competencias financieras:

Transferencias o fondos de inversión, programa de incentivos. En competencias legales: Leyes, Reglamentos, resoluciones, directivas, guías metodológicas. En competencias sociales: Participación de la comunidad, líderes, población, equidad. En competencias ambientales: Intensificación climática, sequías, gestión del agua, entre otras.

La Figura 3, se esbozó con base a la matriz de lógica difusa de 20x20 variables con sus respectivos signos de + o -, y tipologías de magnitud de fuerzas asignadas (baja = ± 0.25 ; media = ± 0.50 ; alta = ± 0.75), por ejemplo, la intensidad climática afectó inversamente (-0.23) tanto a beneficios en salud como al hábitat natural (que también fue afectado negativamente por creciente urbanización, y este a su vez depende inversamente de las regulaciones locales y directamente de la creciente población), pero directamente (± 0.25) impactó a sequía hídrica, afectando este último (-0.53) a accesos al agua, que impactó débilmente (0.23) en igualdad social, que a su vez fue impactada (0.50) por la labor de líderes organizacionales y de la participación de la comunidad (0.75). En cambio, alcance educativo afectó fuertemente (0.73) a beneficios ambientales y de salud poblacional, pero débilmente (0.23) a usos del agua (que depende de los programas de mantenimiento y de manera importante del hábitat natural). Así mismo, las daciones normativas (que incluyen a las regulaciones locales) causaron directa y altamente (0.73) a gestión de reducción de escasez de agua, no obstante que este último se impactó débilmente (0.23) del financiamiento local de proyectos de inversión.

En la Tabla 1, la gestión de reducción de escasez de agua fue la variable más importante (2.46 de fuerza ponderada promedio), secundadas por sequía hídrica, igualdad social y participación de la comunidad con fuerzas ponderadas promedias de 2.44, 2.25, y 1.98 respectivamente. Se identificaron nueve variables propulsoras o exógenas (45%) como intensidad climática, alcance educativo, población; 10 variables intermedias (50%) facilitadoras u obstaculizadoras de la gestión de reducción de escasez de agua, como, sequía hídrica, acceso al agua, hábitat natural, normativas legales; y una variable receptora o resultado (5%) que refleja los beneficios ambientales como calidad del aire, salud pública, ambientes naturales para recreación, tranquilidad pública, serenidad mental, entre otras, fundamentales para el bienestar de las personas, fin supremo de las oportunidades de los procesos de gestión, reflejadas en las estrategias del 25% de competencias específicas de tipo social de los actores públicos o privados de interés.

Si bien los CLD proporcionaron información sobre

la dirección de las relaciones centrales del sistema de gestión, es necesario comprender cómo se desarrollará el sistema con el tiempo para la toma de decisiones. Tal es que, las propiedades de las redes neuronales permitieron que los FCM muestren inferencia directa (por ejemplo, simulaciones de “qué pasaría si”), que revelan cómo se comporta el sistema tras la activación (Castro 2022), de variables clave de decisión para el desarrollo de escenarios, con puntuaciones de + 1,00 (Gray et al., 2015).

Por lo anterior, la Figura 4, reveló que una mejora intrínseca de las competencias técnicas de las organizaciones públicas o privadas, a través de cambios fuertes favorables (+1,00) en los estados de los proyectos de inversión de ingeniería dura, programas de mantenimiento, y entrenamientos técnicos, entre otros, define mejoras importantes en los estados futuros de participación de la comunidad, acceso al agua, equidad social, y en la gestión de reducción de escasez de agua.

La Figura 4 reveló que el fortalecimiento de las competencias financieras de los actores de interés, expresados por más subvenciones externas, transferencias o financiamiento local, y programas de incentivos financieros, contribuyen a mejoras importantes en participación de la comunidad, programas de mantenimiento, igualdad social y en gestión de reducción de escasez de agua.

La Figura 4, reveló que la mejora en las competencias legales, contribuyen en reducción de áreas de urbanización, mejora en beneficios del ambiente natural, y de mayor efecto favorable en la gestión de reducción de escasez de agua.

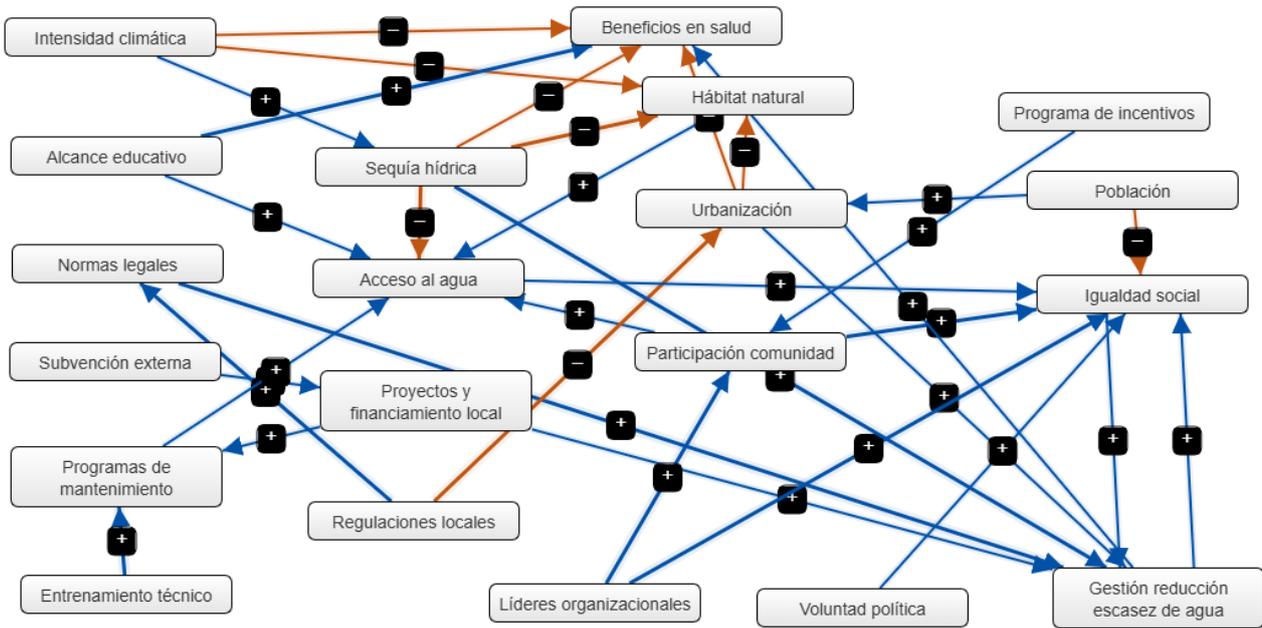
La Figura 4, reveló que las mejoras en las competencias sociales a través de mejoras en calidad de participación de las comunidades, los alcances de la educación, liderazgos organizacionales, generan mejoras importantes en la igualdad social, acceso al agua, y mejor ambiente saludable, con el consiguiente efecto poco importante en la gestión de la reducción de escasez de agua.

La Figura 4, reveló que, ante mejoras de las competencias ambientales a través de financiamiento y ejecución de proyectos verdes, conservación de hábitat naturales, se mejora de manera importante el acceso al agua, los programas de mantenimiento de áreas naturales, y mejoras en la gestión de la reducción de escasez de agua en la sub cuenca del río Shullcas.

4. Discusión

Poner atención en la escasez del agua como consecuencia de prolongadas sequías generadas por la variabilidad del cambio climático y de los cambios de uso de la tierra es un elemento central de cualquier gestión

Figura 3
Relacionamiento entre las Variables de las Competencias Específicas



Nota. Signo + representa causalidad positiva, y - describe causalidad negativa, con baja fuerza (± 0.25), fuerza media (± 0.50), y alta fuerza (± 0.75). Normalizado con la función sigmoïdal.

sostenible de los recursos hídricos, imprescindibles para la vida humana y la conservación de la biodiversidad; basadas en la comprensión y aplicación de las diversas competencias específicas que por leyes normativas son la misión de las organizaciones públicas o privadas de interés. La mayor participación de las organizaciones de interés a través de sus competencias específicas de tipo social (25%) no guarda simetría con competencias de tipo financiera (13%), debido a que sólo 31% son organizaciones ejecutoras, aunque el 36% son decisoras; las cuales reflejan que la seguridad del abastecimiento del agua, aún es insuficiente por la poca disponibilidad y ejecución presupuestal asignada con fines de infraestructura gris o natural o soluciones basadas en la naturaleza, no obstante, a que a través de sus competencias de tipo legal, se emiten diversas normativas como leyes, reglamentos, ordenanzas, directivas (9%) con relación a sus competencias técnicas y financieras como proyectos de inversión y financiamiento (5%) respectivamente.

Así mismo, las estrategias de la participación de la comunidad, la sociedad civil (8%), alcance educativo (7%), intensidad climática (7%), acceso al agua (7%), sequía (6%), regulación local (6%), entrenamiento técnico (6%), entre otras, no reflejan en el marco del pensamiento sistémico, acciones importantes en la gestión de reducción de escasez de agua (4%). Es-

to se debe a que, intensidad climática y sequía hídrica de los últimos años han provocado una drástica escasez del agua (Desbureaux & Rodella, 2019; Keesstra et al., 2018), dificultando negativamente, según los diagramas causa-efecto y modelos cognitivos de lógica difusa, la conservación de los hábitat naturales (bofedales y otros) y la seguridad del abastecimiento y acceso al agua, agravadas por cambios de usos del suelo por las urbanizadoras debido a la creciente población (Alvarez-Garreton et al., 2023; Borràs & Villavicencio, 2023); compensándose por la compleja interacción de la participación de la comunidad, los bajos alcances de la estrategia educativa respecto a usos y ahorros del agua (Castro, 2022), las importantes regulaciones locales, el bajo financiamiento local de los proyectos de inversión; en un escenario actual, aún de bajo compromiso y débil fuerza de cooperación dinámica entre los actores públicos o privados de interés, en la sub cuenca del río Shullcas.

Sin embargo, los hallazgos encontrados en escenarios futuros con mayor intensidad en el desarrollo de las competencias técnicas de las organizaciones públicas (MVCS-OTASS, GOREJUNÍN, GOBIERNOS LOCALES, ANA, EPS) o privadas (PROGIRH-GIZ), a través de cambios fuertes favorables (+1,00) en los estados de los proyectos de inversión de ingeniería dura, programas de mantenimiento, y entrenamientos técnicos;

Tabla 1
Importancia y Rol de las Variables en el Sistema

Variables	Inicio	Final	Importancia	Tipo
Gestión reducción escasez del agua	1.98	0.48	2.46	Intermedio
Igualdad social	2.17	0.27	2.44	Intermedio
Sequía hídrica	0.25	2	2.25	Intermedio
Participación de la comunidad	1	0.98	1.98	Intermedio
Acceso al agua	1.7	0.23	1.93	Intermedio
Beneficios ambiente	1.9	0	1.9	Resultado
Urbanización	0.79	0.7	1.49	Intermedio
Hábitat natural	0.96	0.48	1.44	Intermedio
Normas legales	0.5	0.73	1.23	Intermedio
Regulaciones locales	0	1.02	1.02	Propulsor
Líderes organizacionales	0	1.02	1.02	Propulsor
Programas de mantenimiento	0.75	0.23	0.98	Intermedio
Alcance educativo	0	0.96	0.96	Propulsor
Proyectos y financiamiento	0.23	0.48	0.71	Intermedio
Intensidad climática	0	0.71	0.71	Propulsor
Entrenamiento técnico	0	0.5	0.5	Propulsor
Población	0	0.5	0.5	Propulsor
Programa de incentivos	0	0.48	0.48	Propulsor
Voluntad política	0	0.23	0.23	Propulsor
Subvención externa	0	0.23	0.23	Propulsor

Nota. Valores iniciales y finales de las variables en la red de conexiones para cada par de variables causa-efecto, estimados con la ecuación (1) y la importancia de cada variable en base a la ecuación (2). Software <https://dev.mentalmodeler.com/>

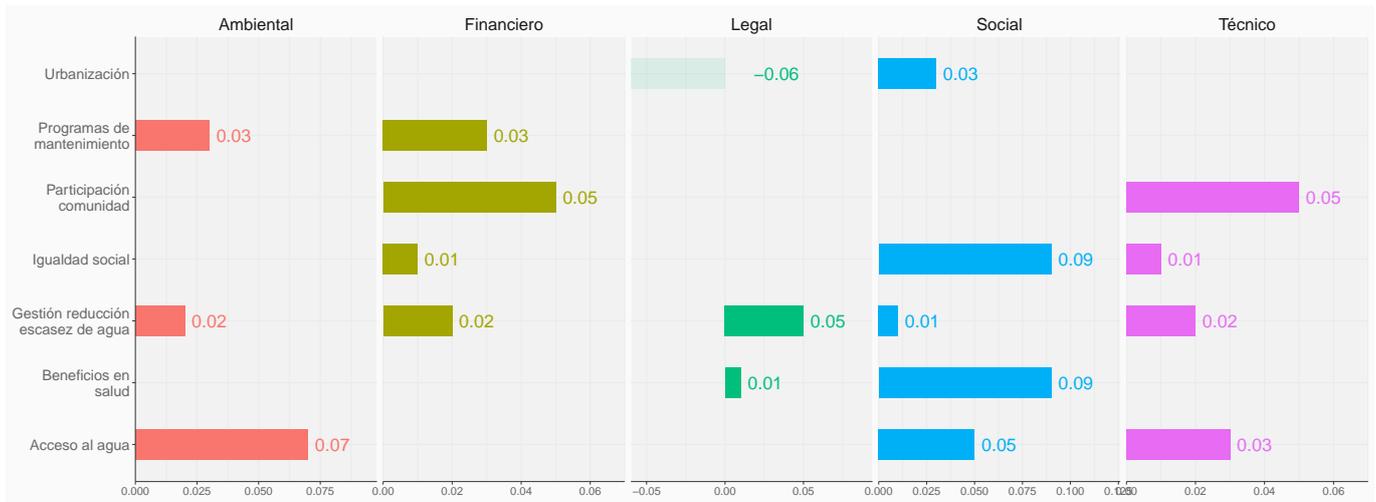
conllevarían mejoras importantes en los estados futuros preferidos, de participación de la comunidad, acceso al agua, equidad social, y en la gestión de reducción de escasez de agua, representando el 35% de variables con trayectoria creciente y preferida, superior al 26% de variables de estado preferidos encontrados por Gray et al. (2015). Las competencias técnicas de actores en la subcuenca del río Shullcas, se desarrollarían mejor en base a la práctica de estudios de prospectiva territorial (CEPAL, 2023).

Así mismo, la mayor implementación de las competencias financieras de los actores de interés (MVCS-OTASS, GORE JUNÍN, GOBIERNOS LOCALES, PROGIRH-GIZ, EPS), expresados por más subvenciones externas, transferencias o financiamiento local, y programas de incentivos financieros; contribuirían con el 30% de variables de estado preferidos, como son participación de la comunidad, programas de mantenimiento, igualdad social y gestión de reducción de

escasez de agua. También, el desarrollo de las competencias ambientales (MINAM, SERNANP, GOREJUNÍN, GOBIERNOS LOCALES, EPS, INDECI, COMITE DE GESTIÓN SUB CUENCA, CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS) a través de financiamiento y ejecución de proyectos de infraestructura natural como garantía frente a los riesgos hídricos, conservación de hábitat natural con ciclos adaptativos de crecimiento, explotación, liberación, reorganización y viceversa; mejoraría con el 35% de variables de estado preferido, de manera importante, como el abastecimiento y acceso al agua, los programas de conservación de áreas naturales, y la gestión de la reducción de escasez de agua en la sub cuenca del río Shullcas.

En particular, el cumplimiento de las competencias legales de las organizaciones públicas de interés (MVCS, GOREJUNÍN, GOBIERNOS LOCALES, SU-NASS, EPS); contribuiría con el 40% de variables de estado preferidos, representados por reducción de áreas

Figura 4
Escenarios de Impacto en Competencias



Nota. Elaborado con base a resultados de Mental Modeler.

de urbanización no autorizadas (principio de autoridad en ejecución de planes de desarrollo urbano), mejoras en beneficios del ambiente natural, y fuertemente por acciones de gestión de reducción de escasez de agua.

En cambio, las mejoras en las competencias sociales de las organizaciones públicas (MINEDU, MINSA, MVCS, GOREJUNÍN, GOBIERNOS LOCALES, SUNASS, EPS) o privadas (PROGIRH-GIZ), a través de mejoras en calidad de participación de las comunidades, los alcances de la educación, liderazgos organizacionales; generarían el 25% de variables de estado preferidos, identificados por mejoras importantes en la igualdad social, acceso al agua, mejor ambiente saludable, pero poco efecto importante en gestión de la reducción de escasez de agua, probablemente por la falta de cultura del agua, conciencia del valor de uso del agua, de la necesidad imprescindible del ahorro del agua y su consumo responsable, en salva guarda de la solidaridad intergeneracional.

5. Conclusiones

En el escenario actual, el efecto sistémico complejo del desarrollo de las competencias sociales (25%), competencias ambientales (22%), competencias técnicas (20%), competencias legales (19%) y competencias financieras (13%) por las organizaciones públicas

o privadas, no reflejan acciones importantes en la gestión de reducción de escasez de agua (4%).

Sin embargo, en la dinámica de los escenarios hipotéticos alternativos se determinó efectos importantes en la gestión de la reducción de la escasez de agua (2.46 de fuerza ponderada promedia) en la sub cuenca del río Shullcas, a través de cambios fuertes favorables (+1) en la ejecución de: las variables de las competencias legales (eficacia de las normas legales, y regulaciones locales; de las competencias técnicas (estudios de inversión, programas de mantenimiento, y entrenamiento técnico); de las competencias ambientales (proyectos ambientales, conservación de hábitat naturales); de las competencias financieras (subvención externa, financiamiento o transferencias, programa de incentivos financieros); de las competencias sociales (participación de la comunidad, los alcances educativos, liderazgo organizacional y voluntad política); con 40%, 35%, 35%, 30%, y 25% de variables de estado preferidos en escenarios futuros respectivamente.

Es importante seguir investigando, considerando mayor compromiso, cooperación, confianza, especificación y efectividad en el diseño y ejecución de las competencias exclusivas y compartidas de las organizaciones rectoras, decisoras y ejecutoras como el MVCS-OTASS, MINAM, GOREJUNÍN, GOBIERNOS LOCALES, SUNASS, ANA entre otras.

Referencias

Alvarez-Garreton, C., Boisier, J., Billi, M., Lefort, I., Marinao, R., & Barría, P. (2023). Protecting environmental flows to achieve long-term water security. *Journal of Environmental Management*, 328, 116914. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116914>

- Alves, A., Gersonius, B., Sanchez, A., Vojinovic, Z., & Kapelan, Z. (2018). Multi-criteria Approach for Selection of Green and Grey Infrastructure to Reduce Flood Risk and Increase CO-benefits. *Water Resources Management*, 32(7), 2505-2522. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1943-3>
- Alves, A., Vojinovic, Z., Kapelan, Z., Sanchez, A., & Gersonius, B. (2020). Exploring trade-offs among the multiple benefits of green-blue-grey infrastructure for urban flood mitigation. *Science of The Total Environment*, 703, 134980. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134980>
- Arana, F. (2021). Incidencia de la movilidad urbana en el crecimiento insostenible de la ciudad de Huancayo. *Arquitectura y Urbanismo*, 42(3), 112-117. Consultado el 5 de marzo de 2025, desde <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376869567007>
- Borràs, S., & Villavicencio, P. (2023). Vulnerabilidades climáticas y desplazamiento interno en España: Dos realidades complejas e interconectadas. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 14(1). <https://doi.org/10.17345/rcda3587>
- Bure, V. (2017). A Method for Simplification of Complex Group Causal Loop Diagrams Based on Endogenisation, Encapsulation and Order-Oriented Reduction. *Systems*, 5(3), 46. <https://doi.org/10.3390/systems5030046>
- Castro, C. V. (2022). Systems-thinking for environmental policy coherence: Stakeholder knowledge, fuzzy logic, and causal reasoning. *Environmental Science & Policy*, 136, 413-427. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.07.001>
- Coletta, V. R., Pagano, A., Pluchinotta, I., Fratino, U., Scricciu, A., Nanu, F., & Giordano, R. (2021). Causal Loop Diagrams for supporting Nature Based Solutions participatory design and performance assessment. *Journal of Environmental Management*, 280, 111668. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111668>
- De Miguel, F. M. (2006). *Metodologías de enseñanzas y aprendizaje para el desarrollo de competencias: Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*. Alianza. Consultado el 5 de marzo de 2025, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=293088>
- Desbureaux, S., & Rodella, A.-S. (2019). Drought in the city: The economic impact of water scarcity in Latin American metropolitan areas. *World Development*, 114, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.026>
- Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., De Boissezon, B., & Vandewoestijne, S. (2017). Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental Research*, 159, 509-518. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032>
- Giordano, R., & Liersch, S. (2012). A fuzzy GIS-based system to integrate local and technical knowledge in soil salinity monitoring. *Environmental Modelling & Software*, 36, 49-63. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.004>
- Gray, S. A., Gray, S., Cox, L. J., & Henly-Shepard, S. (2013). Mental Modeler: A Fuzzy-Logic Cognitive Mapping Modeling Tool for Adaptive Environmental Management. *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, 965-973. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2013.399>
- Gray, S. A., Gray, S., De Kok, J. L., Helfgott, A. E. R., O'Dwyer, B., Jordan, R., & Nyaki, A. (2015). Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. *Ecology and Society*, 20(2), art11. <https://doi.org/10.5751/ES-07396-200211>
- Inam, A., Adamowski, J., Halbe, J., & Prasher, S. (2015). Using causal loop diagrams for the initialization of stakeholder engagement in soil salinity management in agricultural watersheds in developing countries: A case study in the Rechna Doab watershed, Pakistan. *Journal of Environmental Management*, 152, 251-267. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.052>
- Jetter, A., & Schweinfurt, W. (2011). Building scenarios with Fuzzy Cognitive Maps: An exploratory study of solar energy. *Futures*, 43(1), 52-66. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2010.05.002>
- Jha, A. K., Bloch, R., & Lamond, J. (2012, 16 de febrero). *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8866-2>
- Jones, N. A., Ross, H., Lynam, T., Perez, P., & Leitch, A. (2011). Mental Models: An Interdisciplinary Synthesis of Theory and Methods. *Ecology and Society*, 16(1), art46. <https://doi.org/10.5751/ES-03802-160146>
- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., & Cerdà, A. (2018). The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of The Total Environment*, 610-611, 997-1009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>

- McGill, B. M., Altchenko, Y., Hamilton, S. K., Kenabatho, P. K., Sylvester, S. R., & Villholth, K. G. (2019). Complex interactions between climate change, sanitation, and groundwater quality: A case study from Ramotswa, Botswana. *Hydrogeology Journal*, 27(3), 997-1015. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1901-4>
- Oppliger, A., Höhl, J., & Fragkou, M. (2019). Escasez de agua: Develando sus orígenes híbridos en la cuenca del Río Bueno, Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, (73), 9-27. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000200009>
- Qin, G., Meng, Z., & Fu, Y. (2022). Drought and water-use efficiency are dominant environmental factors affecting greenness in the Yellow River Basin, China. *Science of The Total Environment*, 834, 155479. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155479>
- Tiwary, A., & Kumar, P. (2014). Impact evaluation of greengrey infrastructure interaction on built-space integrity: An emerging perspective to urban ecosystem service. *Science of The Total Environment*, 487, 350-360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.032>