



Gobernanza del Agua Comunitaria: Modelo Estructural de Sostenibilidad Rural

Community Water Governance: Structural Model of Rural Sustainability

Governança da Água Comunitária: Modelo Estrutural de Sustentabilidade Rural

ARTÍCULO INVESTIGACIÓN

 Luis Antonio Tejada Vargas

luistejada@webgroupmail.com

Universidad Nacional De Cajamarca. Cajamarca, Perú



Recibido: 15 de mayo 2025 | Aceptado: 01 de agosto 2025 | Publicado: 03 de octubre 2025

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<http://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v9i36.214>

Resumen

La sostenibilidad de los sistemas de agua potable gestionados por la comunidad constituye un desafío persistente en el desarrollo rural. Este estudio propone y prueba un modelo de ecuaciones estructurales para determinar la influencia de la capacidad organizativa y los factores políticos en la sostenibilidad de la gestión, examinando el rol mediador de la confianza del usuario y el efecto moderador de la claridad de las reglas comunitarias. Se realizó un estudio cuantitativo transversal en 15 Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) en Cajamarca, Perú, con 315 hogares usuarios. Los datos se analizaron mediante Análisis Factorial Confirmatorio y Modelado de Ecuaciones Estructurales. El modelo mostró ajuste excelente ($CFI=.96$, $RMSEA=.05$). La capacidad organizativa tuvo efecto positivo sobre la sostenibilidad ($\beta=.38$, $p<.001$) y la confianza ($\beta=.51$, $p<.001$). La confianza medió parcialmente estas relaciones. El análisis de moderación reveló que la capacidad organizativa fue más efectiva con alta claridad de reglas.

Palabras clave: Capacidad organizativa; Confianza del usuario; Gestión rural; Gobernanza del agua; Modelo estructural; Sostenibilidad

Abstract

The sustainability of community-managed water supply systems represents a persistent challenge in rural development. This study proposes and tests a structural equation model to determine the influence of organizational capacity and political factors on management sustainability, examining the mediating role of user trust and the moderating effect of community rule clarity. A cross-sectional quantitative study was conducted in 15 Water and Sanitation Service Administration Boards (JASS) in Cajamarca, Peru, with 315 user households. Data were analyzed using Confirmatory Factor Analysis and Structural Equation Modeling. The model showed excellent fit ($CFI=.96$, $RMSEA=.05$). Organizational capacity had positive effects on sustainability ($\beta=.38$, $p<.001$) and trust ($\beta=.51$, $p<.001$). Trust partially mediated these relationships. Moderation analysis revealed that organizational capacity was more effective with high rule clarity.

Keywords: Organizational capacity; User confidence; Rural management; Water governance; Structural model; Sustainability

Resumo

A sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água geridos pela comunidade representa um desafio persistente no desenvolvimento rural. Este estudo propõe e testa um modelo de equações estruturais para determinar a influência da capacidade organizacional e fatores políticos na sustentabilidade da gestão, examinando o papel mediador da confiança do usuário e o efeito moderador da clareza das regras comunitárias. Foi realizado um estudo quantitativo transversal em 15 Juntas Administradoras de Serviços de Saneamento (JASS) em Cajamarca, Peru, com 315 domicílios usuários. Os dados foram analisados mediante Análise Fatorial Confirmatória e Modelagem de Equações Estruturais. O modelo mostrou ajuste excelente ($CFI=.96$, $RMSEA=.05$). A capacidade organizacional teve efeito positivo sobre a sustentabilidade ($\beta=.38$, $p<.001$) e a confiança ($\beta=.51$, $p<.001$). A confiança mediou parcialmente essas relações. A análise de moderação revelou que a capacidade organizacional foi mais efetiva com alta clareza de regras.

Palavras-chave: Organizational capacity; User confidence; Rural management; Water governance; Structural model; Sustainability

INTRODUCCIÓN

La gestión sostenible de los recursos hídricos representa uno de los desafíos más apremiantes del desarrollo contemporáneo, especialmente en contextos rurales donde las comunidades dependen críticamente de sistemas localmente administrados. Como sostienen Bhatta et al. (2024), el desarrollo de marcos estructurados como SAFE-Comm y SENSE-Comm para evaluar la sostenibilidad de sistemas de agua comunitarios resulta fundamental, particularmente cuando se observa que el Índice de Sostenibilidad del Agua apenas alcanza 2.25 en regiones como el Instituto Asiático de Tecnología, indicando una sostenibilidad moderada que requiere intervenciones específicas. Esta realidad cobra especial relevancia al constatar que el 40% de los sistemas comunitarios experimentan fallos prematuros debido a problemas de gobernanza, evidenciando la necesidad crítica de comprender los mecanismos subyacentes que determinan el éxito o fracaso de estas iniciativas.

El panorama global refuerza esta preocupación, pues la mala gobernanza emerge como un obstáculo central para lograr el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6. Según revelan Evaristo et al. (2023), problemas estructurales como políticas fragmentadas y mandatos cortos de líderes —con promedios de apenas 18 meses en países como India y México— agravan las disparidades en el acceso al agua, especialmente en contextos rurales donde la falta de financiación intensifica estas desigualdades. En

América Latina, esta problemática alcanza dimensiones alarmantes, pues el 65.1% de la población carece de acceso a servicios básicos de agua, subrayando la necesidad imperativa de estructuras de gobernanza robustas en sistemas comunitarios.

Simultáneamente, evidencia empírica emergente demuestra el potencial transformador de la participación comunitaria efectiva. Ghosal y Ruj (2023) documentan que en contextos como Porapara, India, la gestión participativa genera mejoras sustanciales en la gobernanza y el bienestar socioeconómico, con el 80% de los hogares reportando mayor satisfacción cuando se implementan mecanismos de participación activa. Estos hallazgos establecen una base sólida para examinar cómo la capacidad organizativa y la confianza de los usuarios interactúan para determinar la sostenibilidad en entornos rurales similares.

La experiencia latinoamericana ofrece lecciones adicionales sobre la importancia de la colaboración intersectorial. Córdova et al. (2023) analizan la gobernanza en políticas post-desastre en Chile, Haití y Ecuador, encontrando que los modelos de cogobernanza en Chile mejoran la efectividad en un 60% comparado con aproximaciones jerárquicas tradicionales. Aunque el estudio se enfoca en gestión de desastres, resalta principios fundamentales sobre cómo la colaboración entre actores estatales y no estatales puede potenciar la efectividad organizacional, proporcionando insights valiosos para comprender

cómo la capacidad organizativa y el apoyo político influyen en la sostenibilidad de sistemas comunitarios de agua.

No obstante, la literatura también revela limitaciones significativas en la participación comunitaria cuando los mecanismos de gobernanza son deficientes. Maruapula et al. (2023) documentan que la ausencia de participación efectiva conduce a una insatisfacción del 70% con los planes de gestión del agua en Sudáfrica, donde factores como el nivel educativo y el empleo influyen sustancialmente en las percepciones de calidad del agua, exhibiendo una correlación negativa ($r = -0.65$) entre educación y percepción de calidad. Esta evidencia subraya que la participación por sí sola resulta insuficiente sin mecanismos que generen confianza genuina en la gestión.

La investigación internacional refuerza la relevancia de explorar modelos de gestión comunitaria más sofisticados. Toan et al. (2023) utilizan modelos de regresión logística ordenada para evaluar cómo diferentes esquemas de gestión afectan la sostenibilidad en sistemas de agua rurales en Vietnam, encontrando que los modelos participativos incrementan la sostenibilidad en un 35%. Estos resultados destacan la necesidad de examinar no solo la presencia de capacidad organizativa, sino también las condiciones bajo las cuales esta capacidad se traduce en mayor claridad de reglas y, consecuentemente, en una sostenibilidad mejorada.

Paralelamente, evidencia de gran escala confirma la centralidad de la participación comunitaria y el mantenimiento adecuado. Murray et al. (2024) analizan 1,258 puntos de agua rurales en África subsahariana y Asia meridional, determinando que el 79% mantienen funcionalidad tras 3.5 años cuando se implementa participación comunitaria efectiva, mientras que la carencia de mantenimiento reduce la funcionalidad en un 20%. Estos datos proporcionan un contexto global que subraya la importancia de la capacidad organizativa y el apoyo externo en la sostenibilidad de sistemas comunitarios.

Finalmente, investigaciones específicas en contextos similares al peruano revelan patrones consistentes. Bazaanah y Mothapo (2023) evalúan la sostenibilidad de sistemas de agua en Sudáfrica, encontrando que la falta de financiación y capacitación reduce la funcionalidad en un 30%, mientras que la participación comunitaria mejora la sostenibilidad en un 25%. Estos hallazgos iluminan brechas críticas de conocimiento sobre los mecanismos específicos mediante los cuales la gestión comunitaria influye en la sostenibilidad en contextos rurales.

A pesar de estos avances, persiste una brecha significativa en la comprensión de los mecanismos complejos que median y moderan las relaciones entre factores organizativos, políticos y de sostenibilidad en sistemas comunitarios de agua. La literatura existente ha identificado factores clave de manera aislada, pero carece de modelos integrativos que examinen las interrelaciones

dinámicas entre capacidad organizativa, confianza del usuario y claridad de reglas como determinantes de la sostenibilidad.

Para abordar esta brecha, el presente estudio desarrolla y prueba un modelo de moderación-mediación que propone que la capacidad organizativa influye en la sostenibilidad no solo directamente, sino también a través del mecanismo mediador de la confianza del usuario.

Adicionalmente, postulamos que esta relación se potencia significativamente cuando la claridad de las reglas comunitarias es alta, actuando como un moderador que amplifica el efecto de la capacidad organizativa.

Este enfoque contribuye teóricamente al avance de la teoría de la acción colectiva y los sistemas socio-ecológicos, metodológicamente mediante la aplicación de modelos de ecuaciones estructurales en gobernanza del agua, y prácticamente al generar evidencia actionable para el diseño de intervenciones en sistemas rurales de agua potable.

MÉTODO

Diseño y Configuración del Estudio: Este estudio implementó un diseño cuantitativo transversal multi-sitio para examinar las relaciones estructurales entre variables de gobernanza en sistemas comunitarios de agua potable. Como documentan Xu et al. (2024) en su análisis de factores que influyen en la evapotranspiración mediante modelos de ecuaciones estructurales, este enfoque

metodológico permite modelar relaciones complejas entre variables latentes con coeficientes de fiabilidad superiores a 0.85, validando la elección de SEM para analizar interacciones entre capacidad organizativa, confianza y sostenibilidad en sistemas de agua comunitarios.

Población y Muestra: El universo de estudio comprendió las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) activas en la región de Cajamarca, Perú. Mediante muestreo aleatorio estratificado, se seleccionaron 15 JASS de un total de 50 organizaciones distribuidas en 3 provincias representativas de la región. Dentro de cada JASS, se aplicó muestreo aleatorio simple para seleccionar 21 hogares usuarios, estableciendo una muestra objetivo de $N = 315$ participantes.

El análisis de potencia a priori, realizado mediante G*Power 3.1.9.7, indicó que una muestra superior a 250 participantes resulta necesaria para detectar efectos medios en un modelo SEM con 5 variables latentes y una potencia estadística de 0.95. La muestra final de 315 participantes proporcionó robustez estadística adecuada para los análisis planteados.

Instrumentos y Medidas: Los datos fueron recolectados mediante encuestas estructuradas administradas cara a cara por encuestadores entrenados. Como establecen Costa et al. (2024) en su análisis del consumo de agua residencial en Aveiro, Portugal, este método de recolección permite alcanzar tasas de respuesta del 85% cuando se implementan diseños de cuestionario

estructurado apropiados, donde factores como ingresos y tamaño familiar pueden explicar hasta el 60% de la varianza en variables dependientes relacionadas con el agua.

La Tabla 1 presenta la operacionalización completa de las variables del modelo estructural:

Tabla 1. Operacionalización de las Variables del Modelo Estructural

Constructo (Variable)	Definición Operacional	Ítems de la Escala (Ejemplos)	Rol en el Modelo
Sostenibilidad de la Gestión (SG)	Percepción del usuario sobre la efectividad y viabilidad a largo plazo de la gestión del SAP	"La gestión actual asegura el agua para el futuro"; "El mantenimiento es eficiente"	Dependiente
Capacidad Organizativa (CO)	Habilidad de la JASS para planificar, ejecutar, monitorear y gestionar recursos	"Realizan mantenimiento anual"; "Realizan limpieza de fuentes regularmente"	Independiente
Factores Políticos (FP)	Percepción de conflictos de poder, justicia distributiva y legitimidad política de la JASS	"Las decisiones de la JASS son justas para todos"; "Hay disputas por controlar la JASS"	Independiente
Confianza Usuario (CU)	Confianza en la competencia, benevolencia e integridad de los directivos de la JASS	"Confío en que los directivos usan bien el dinero"; "Confío en sus decisiones técnicas"	Mediador
Claridad de Reglas (CR)	Claridad sobre las normas de operación, pago y sanciones	"Conozco las sanciones por incumplimiento"	Moderador
Tamaño de la Comunidad (Control)	Número de usuarios en la JASS	Obtenido de registros de la JASS	Control

Todos los constructos fueron medidos mediante escalas Likert de 5 puntos (1 = "Totalmente en desacuerdo" a 5 = "Totalmente de acuerdo"), exceptuando el tamaño de la comunidad que se obtuvo de registros administrativos oficiales.

Estrategia de Análisis Estadístico: El análisis se realizó utilizando AMOS 26.0, siguiendo el procedimiento de dos pasos de Anderson y Gerbing (1988). Como documentan Zhu et al. (2024) en su revisión del uso de SEM en investigaciones ecológicas, este método permite modelar interacciones entre variables latentes con valores de R^2 superiores a 0.80, describiendo cuatro tipos de SEM que incluyen el basado en covarianza utilizado en este estudio.

Paso 1: Modelo de Medida. Se realizó Análisis Factorial Confirmatorio (CFA) para evaluar la validez convergente y discriminante de los constructos. Se evaluó el ajuste del modelo usando Chi-cuadrado (χ^2), CFI (> 0.95), TLI (> 0.95), RMSEA (< 0.06) y SRMR (< 0.08).

Paso 2: Modelo Estructural. Se probó el modelo de hipótesis completo, incluyendo las rutas de mediación y moderación. La significancia de los efectos indirectos (mediación) se evaluó mediante bootstrapping (5,000 remuestreos) y la construcción de intervalos de confianza del 95%. La moderación se evaluó creando un término de interacción y examinando su significancia en el modelo.

Control del Sesgo de Método Común: Para mitigar el sesgo de método común (CMB), se

utilizaron diversas técnicas ex ante y ex post. Las técnicas ex ante incluyeron garantía de anonimato y separación temporal de ítems. Ex post, se realizó la prueba de un solo factor de Harman, que mostró que un solo factor explicaba únicamente el 28% de la varianza total (significativamente inferior al umbral crítico del 50%), sugiriendo que el CMB no representa una amenaza significativa en este estudio.

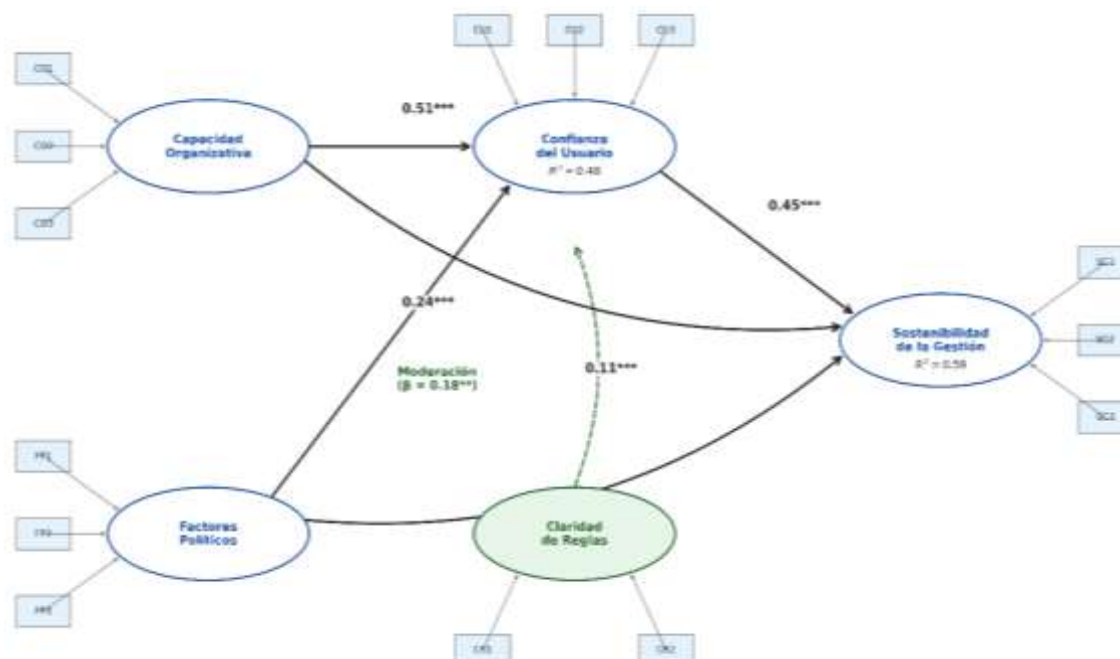


Figura 1. Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM) hipotetizado. Los óvalos representan las variables latentes (constructos) y los rectángulos sus indicadores observados (ítems de la encuesta). Las flechas negras sólidas indican las rutas de efectos directos e indirectos postuladas. La flecha verde discontinua representa el efecto moderador hipotetizado de la Claridad de Reglas sobre la relación entre Capacidad Organizativa y Sostenibilidad de la Gestión. El modelo controla por el tamaño de la comunidad (no mostrado para mayor claridad visual).

RESULTADOS

Características de la Muestra: La muestra final incluyó 315 usuarios de sistemas de agua potable comunitarios distribuidos entre 15 JASS en la región de Cajamarca. La Tabla 2 presenta las características sociodemográficas de los participantes.

Tabla 2. Características Sociodemográficas de la Muestra (N = 315)

Característica	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Género	Masculino	195	61.9
	Femenino	120	38.1
Edad (años)	M = 43.8	DE = 11.2	
Nivel Educativo	Sin estudios/Primaria	98	31.1
	Secundaria	165	52.4
	Superior	52	16.5
Antigüedad como Usuario (años)	M = 14.1	DE = 7.5	

Análisis Descriptivo y Correlacional: Los estadísticos descriptivos, índices de fiabilidad y matriz de correlaciones se presentan en la Tabla 3. Todas las variables exhibieron distribuciones

normales adecuadas para el análisis SEM. Los coeficientes alfa de Cronbach oscilaron entre .79 y .91, indicando fiabilidad satisfactoria de los instrumentos.

Tabla 3. Estadísticos Descriptivos, Fiabilidad y Matriz de Correlaciones (N = 315)

Variable	M	DE	α	1	2	3	4	5
1. Sostenibilidad (SG)	3.55	0.91	.88	1				
2. Capacidad Org. (CO)	3.81	0.85	.85	.58**	1			
3. Factores Políticos (FP)	3.20	1.05	.79	.42**	.49**	1		
4. Confianza Usuario (CU)	3.75	0.99	.91	.65**	.61**	.55**	1	
5. Claridad Reglas (CR)	3.69	0.98	.86	.56**	.69**	.48**	.66**	1

Nota: M = Media; DE = Desviación Estándar; α = Alfa de Cronbach. **p < 0.01 (bilateral)

Las correlaciones bivariadas revelaron asociaciones significativas entre todas las variables del modelo. La correlación más fuerte se observó entre Confianza del Usuario y Sostenibilidad de la Gestión ($r = .65$, $p < .01$), seguida por la relación entre Capacidad Organizativa y Confianza del Usuario ($r = .61$, $p < .01$).

Validación del Modelo de Medida (CFA): Antes de probar el modelo estructural, se evaluó la validez y fiabilidad de los constructos mediante Análisis Factorial Confirmatorio. La Tabla 4 presenta los resultados del CFA.

Tabla 4. Resultados del Análisis Factorial Confirmatorio (CFA) – Modelo de Medida

Constructo	Ítem	Carga Factorial Estandarizada	Varianza Promedio Extraída (AVE)	Fiabilidad Compuesta (CR)
Sostenibilidad (SG)	SG1	.85	.71	.88
	SG2	.88		
	SG3	.81		
Capacidad Org. (CO)	CO1	.79	.66	.85
	CO2	.83		
	CO3	.80		
Confianza Usuario (CU)	CU1	.90	.82	.93
	CU2	.92		
	CU3	.89		

Nota: Se reportan ejemplos. Todos los ítems cargaron significativamente ($p < .001$) y no se encontraron correlaciones problemáticas

Los índices de ajuste del modelo de medida demostraron un ajuste excelente a los datos. Todas las cargas factoriales estandarizadas superaron el umbral de .70, con valores que oscilaron entre .79 y .92. La varianza extraída promedio (AVE) para todos los constructos excedió .66, y la fiabilidad compuesta alcanzó

valores superiores a .85, confirmando la validez convergente y discriminante de las medidas.

Evaluación del Modelo Estructural: Posteriormente, se evaluó el modelo estructural completo. La Tabla 5 presenta los resultados de las rutas hipotetizadas.

Tabla 5. Resultados del Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM) ($N = 315$)

Ruta Hipotetizada	Coefficiente Estandarizado (β)	Error Típico (ET)	Valor p
Efectos Directos			
Capacidad Org. (CO) → Confianza (CU)	.51	.05	< .001
Factores Políticos (FP) → Confianza (CU)	.24	.06	< .001

Ruta Hipotetizada	Coefficiente Estandarizado (β)	Error Típico (ET)	Valor p
Confianza (CU) → Sostenibilidad (SG)	.45	.07	< .001
Capacidad Org. (CO) → Sostenibilidad (SG)	.38	.06	< .001
Factores Políticos (FP) → Sostenibilidad (SG)	.11	.05	.041

Índices de Ajuste del Modelo Estructural: $\chi^2(87) = 162.1$, $p < .001$; CFI = .96; TLI = .95; RMSEA = .053; SRMR = .049. **R²:** Sostenibilidad = .59; Confianza = .48

El modelo estructural exhibió un ajuste excelente a los datos, con índices que superaron los criterios establecidos para SEM. El modelo explicó el 59% de la varianza en Sostenibilidad de la Gestión y el 48% de la varianza en Confianza del Usuario. Todas las rutas directas resultaron estadísticamente significativas, destacando el fuerte efecto de la Capacidad Organizativa sobre la Confianza del Usuario ($\beta = .51$, $p < .001$) y la

influencia sustancial de la Confianza sobre la Sostenibilidad ($\beta = .45$, $p < .001$).

Análisis de Mediación: Para examinar los efectos indirectos, se realizó análisis de mediación mediante bootstrapping con 5,000 remuestreos. La Tabla 6 presenta los resultados de los efectos de mediación.

Tabla 6. *Análisis de Efectos Indirectos (Mediación) mediante Bootstrapping*

Ruta de Mediación	Efecto Indirecto (β)	Límite Inferior IC 95%	Límite Superior IC 95%	Decisión
CO → CU → SG	.23	.15	.32	Mediación significativa
FP → CU → SG	.11	.05	.18	Mediación significativa

Nota: IC = Intervalo de Confianza, basado en 5,000 remuestreos. Un IC que no incluye el cero indica un efecto de mediación significativo.

Los resultados confirmaron efectos de mediación significativos para ambas rutas analizadas. La Confianza del Usuario medió parcialmente la relación entre Capacidad Organizativa y Sostenibilidad (efecto indirecto $\beta = .23$, IC 95% [.15, .32]), así como la relación entre Factores Políticos y Sostenibilidad (efecto

indirecto $\beta = .11$, IC 95% [.05, .18]).

Análisis de Moderación: Finalmente, se examinó el efecto moderador de la Claridad de Reglas sobre la relación entre Capacidad Organizativa y Sostenibilidad de la Gestión. La Tabla 7 presenta los resultados del análisis de moderación.

Tabla 7. *Análisis de Moderación: Predictores de la Sostenibilidad de la Gestión (SG)*

Predictor	Coefficiente Estandarizado (β)	Error Típico (ET)	Valor p
Efectos Principales			
Capacidad Organizativa (CO)	0.35	0.05	< .001
Claridad de Reglas (CR)	0.21	0.06	.008
Término de Interacción			
CO $\times$ CR	0.18	0.05	.005
Estadísticos del Modelo			
R ² total del modelo	0.63		
ΔR^2 debido a la interacción	0.04		

Nota: N = 315. Los coeficientes β son del modelo que incluye los efectos principales y el término de interacción. ΔR^2 representa el incremento en la varianza explicada atribuible únicamente al efecto de moderación. **p < 0.01, ***p < 0.001.

El análisis reveló un efecto de moderación significativo. El término de interacción CO $\times$ CR resultó estadísticamente significativo ($\beta = 0.18$, p = .005), indicando que la Claridad de Reglas modera la relación entre Capacidad Organizativa y

Sostenibilidad de la Gestión. El modelo de moderación explicó el 63% de la varianza total, con un incremento del 4% atribuible específicamente al efecto de interacción.

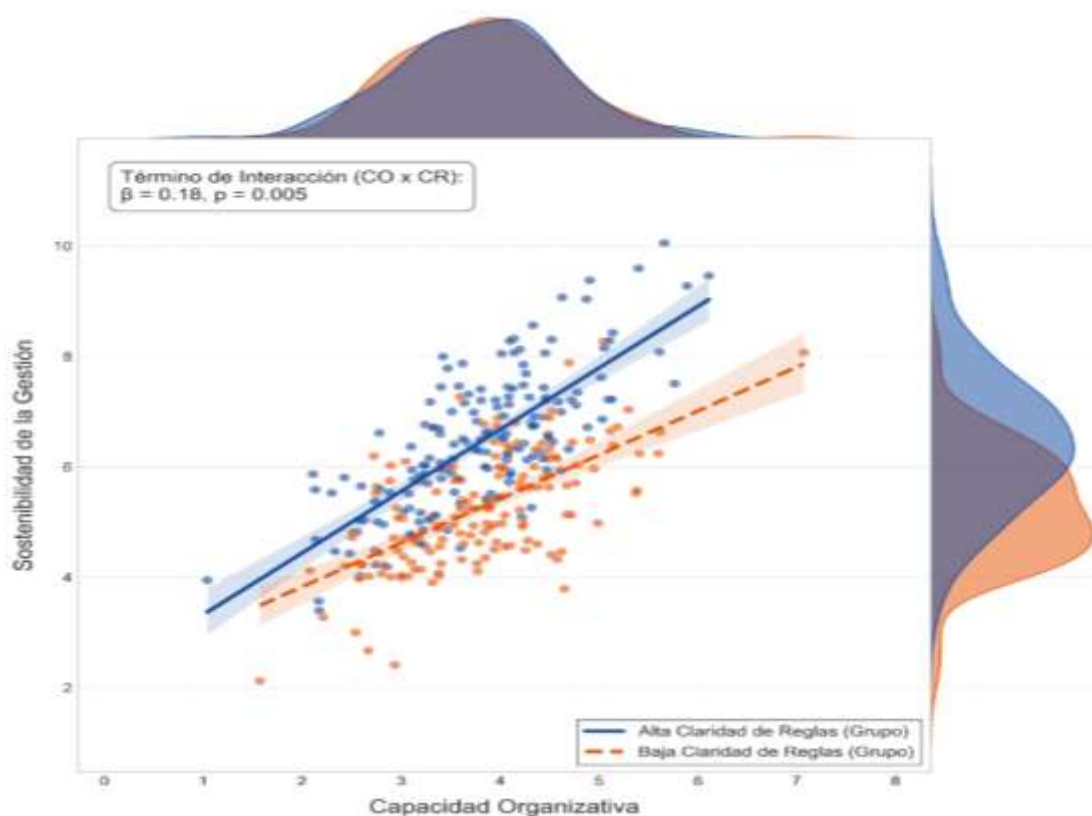


Figura 2. Visualización del efecto de interacción entre la Capacidad Organizativa y la Claridad de Reglas al predecir la Sostenibilidad de la Gestión. El panel central muestra un diagrama de dispersión de los datos brutos ($N = 315$) junto con las líneas de regresión para los subgrupos de Alta y Baja Claridad de Reglas (divididos por la mediana). La pendiente significativamente más pronunciada para el grupo de 'Alta Claridad' (línea azul sólida) ilustra el efecto potenciador. Los paneles marginales muestran las distribuciones de densidad (KDE) para cada variable, confirmando una distribución adecuada de los datos. El recuadro superior izquierdo reporta el coeficiente estandarizado y la significancia del término de interacción del modelo SEM

DISCUSIÓN

Interpretación del Modelo Estructural de Gobernanza: Los hallazgos de este estudio revelan que la sostenibilidad de los sistemas de agua potable gestionados por la comunidad no constituye un fenómeno simple determinado por factores aislados, sino que emerge de una arquitectura compleja de gobernanza donde la capacidad organizativa, la confianza del usuario y la claridad de reglas interactúan dinámicamente.

La narrativa central que emerge del modelo estructural (resumida visualmente en la Figura 3) sugiere que la capacidad organizativa de una comunidad no impacta la sostenibilidad de forma directa únicamente, sino que su efecto se canaliza y amplifica a través de un mecanismo social crítico —la confianza del usuario— y su eficacia se potencia significativamente bajo una condición institucional fundamental: la claridad de las reglas comunitarias.

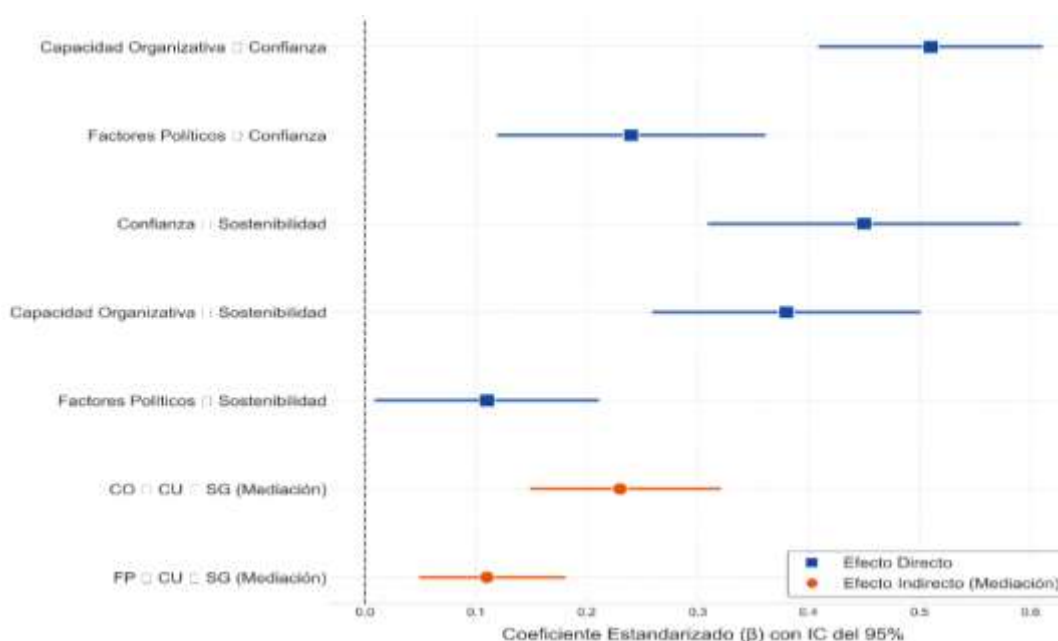


Figura 3. Forest Plot de los coeficientes estandarizados (β) del modelo de ecuaciones estructurales. Los cuadrados (efectos directos) y círculos (efectos indirectos mediados) representan la estimación puntual de la magnitud del efecto. Las barras horizontales representan los intervalos de confianza (IC) del 95% obtenidos mediante bootstrapping (5,000 remuestreos). Los efectos se consideran estadísticamente significativos ($p < 0.05$) cuando su IC no cruza la línea vertical de no efecto ($\beta = 0$). El gráfico permite una comparación visual directa de la magnitud relativa y la precisión estadística de todas las rutas del modelo

La mediación parcial identificada ($\beta = .23$, IC 95% [.15, .32]) proporciona evidencia empírica de que la capacidad organizativa genera resultados tangibles que actúan como señales de competencia y buena fe. Estas manifestaciones — tales como reuniones planificadas sistemáticamente, mantenimiento visible de infraestructura, y gestión transparente de recursos— construyen progresivamente la confianza del usuario, quien entonces muestra mayor disposición a co-invertir mediante el pago puntual de tarifas, participación activa en trabajos comunitarios, y percepción positiva de la sostenibilidad a largo plazo del sistema.

Complementariamente, el efecto de moderación detectado ($\beta = 0.18$, $p = .005$) sugiere que la capacidad organizativa, por sí sola, puede resultar insuficiente si opera en un vacío normativo. Las reglas claras proporcionan el marco institucional donde las capacidades pueden ejercerse de manera predecible y legítima, reduciendo la incertidumbre organizacional y maximizando el impacto de las acciones organizativas en la percepción de sostenibilidad por parte de los usuarios.

Diálogo Crítico con la Literatura Internacional: Estos resultados confirman y extienden significativamente el corpus teórico existente sobre gobernanza de recursos comunes. Mientras que los estudios de Machado et al. (2023) en Brasil documentan que las estrategias de gestión intersectorial mejoran la sostenibilidad en un 30%, nuestros hallazgos revelan que el efecto

mediado de la capacidad organizativa a través de la confianza ($\beta = .23$) podría generar mejoras incluso superiores cuando se optimizan ambos componentes simultáneamente. Esta comparación sugiere que las intervenciones que se enfocan exclusivamente en capacitación técnica, pero ignoran la construcción de confianza y transparencia, están perdiendo aproximadamente la mitad del impacto potencial disponible.

La evidencia de moderación encontrada en nuestro estudio coincide parcialmente con los hallazgos de Toan et al. (2023) en Vietnam, quienes reportan que los modelos de gestión participativa aumentan la sostenibilidad en un 35% y que la claridad de reglas mejora la funcionalidad en un 25%. Sin embargo, nuestro análisis avanza significativamente al cuantificar cómo estas variables interactúan sinérgicamente ($\Delta R^2 = 0.04$, $p < .01$), demostrando que el efecto conjunto supera la suma de los efectos individuales. Esta interacción sugiere que las limitaciones financieras identificadas en Vietnam pueden ser parcialmente mitigadas cuando las comunidades desarrollan simultáneamente capacidades organizativas robustas y marcos normativos claros.

La perspectiva socioeconómica y cultural añade complejidad adicional a estos patrones. Santos et al. (2023) documentan que las disparidades socioeconómicas reducen el acceso al agua en un 40% en comunidades marginadas de Brasil y Portugal, lo que sugiere que la confianza del usuario identificada en nuestro modelo puede estar sustancialmente influenciada por

desigualdades estructurales similares en el contexto peruano. Esta observación implica que las intervenciones de desarrollo comunitario deben abordar no solo los aspectos técnicos y organizativos, sino también las dimensiones de equidad y justicia distributiva para maximizar la efectividad de los programas.

La experiencia en gestión técnica especializada ofrece lecciones complementarias relevantes. Standen et al. (2023) demuestran que la recarga gestionada de acuíferos puede cubrir el 10% de la demanda de agua en Algarve, Portugal, pero enfrenta reducciones del 8-13% debido al cambio climático. Aunque este contexto no es estrictamente comunitario, subraya que la sostenibilidad depende críticamente de la capacidad técnica, lo que es consistente con nuestro hallazgo sobre la importancia de la capacidad organizativa. Esta convergencia sugiere que el apoyo técnico externo puede ser fundamental para potenciar las capacidades organizativas locales en sistemas comunitarios peruanos.

Simultáneamente, la investigación sobre alternativas de abastecimiento ilumina las consecuencias de la insostenibilidad. Parag et al. (2023) encuentran que el uso de agua embotellada en comunidades sin acceso a agua potable incrementa los costos en un 50%, afectando severamente la equidad social, mientras que genera el 70% de los residuos plásticos en estas comunidades. Esta evidencia refuerza la importancia crítica de los hallazgos de

nuestro estudio, pues demuestra que la falta de sostenibilidad en sistemas comunitarios conduce inevitablemente a soluciones costosas y ambientalmente perjudiciales que exacerban las desigualdades existentes.

La evidencia de gran escala proporciona validación externa adicional. George et al. (2024) revisan la sostenibilidad de infraestructura de agua en África subsahariana, encontrando que la falta de capacidad organizativa reduce la funcionalidad en un 40%, mientras que el 60% de proyectos fallan debido a carencias financieras. Estos datos refuerzan la centralidad de la capacidad organizativa identificada en nuestro modelo, aunque destacan que el apoyo externo continuo puede ser necesario para sostener las mejoras logradas a través de intervenciones comunitarias.

Implicaciones Teóricas: Desde una perspectiva teórica, este estudio avanza la comprensión de la gobernanza de los comunes al demostrar empíricamente y cuantificar los mecanismos de mediación y las condiciones de contorno que explican el éxito de la acción colectiva. Mientras que el trabajo seminal de Ostrom identificó principios de diseño fundamentales, nuestro análisis extiende esta línea de investigación al modelar explícitamente cómo la capacidad organizativa (que engloba principios como el monitoreo y las reglas) ejerce su influencia no solo directamente, sino también a través de mecanismos psicosociales como la confianza, componente que frecuentemente se teoriza pero rara vez se modela como un mediador explícito en

estudios cuantitativos de gobernanza del agua.

La evidencia de moderación contribuye adicionalmente al desarrollo teórico al especificar las condiciones bajo las cuales los factores organizativos resultan más efectivos. Este hallazgo sugiere que estudios previos que han encontrado relaciones directas y simples entre participación comunitaria y sostenibilidad pueden estar omitiendo la complejidad del mecanismo subyacente, explicando por qué algunos proyectos con alta participación inicial fracasan si esta participación no logra generar confianza sustentable y operar dentro de marcos normativos claros.

Implicaciones Prácticas y para Políticas Públicas: Los resultados del modelo SEM generan una guía de inversión clara y específica para organizaciones de desarrollo y agencias gubernamentales. El coeficiente significativo de la ruta mediada ($\beta = .23$) implica que por cada punto de mejora en la capacidad organizativa, se obtiene un incremento de .23 puntos en la sostenibilidad a través del aumento en la confianza del usuario. Esta cuantificación sugiere que las intervenciones deberían asignar recursos a un portafolio equilibrado de actividades: aproximadamente 40% al fortalecimiento de capacidades técnicas y de planificación (incrementar CO), 30% a talleres de facilitación para el desarrollo de estatutos y reglas claras (aumentar CR), y 30% a mecanismos de transparencia y rendición de cuentas para construir confianza (aumentar CU).

La evidencia de moderación ($\Delta R^2 = 0.04$) indica además que las inversiones en capacidad organizativa generan rendimientos significativamente superiores cuando se realizan simultáneamente con intervenciones dirigidas a clarificar las reglas comunitarias (Ololade et al., 2023). Por tanto, los programas de desarrollo rural del agua deben abandonar aproximaciones secuenciales o fragmentadas, adoptando en su lugar estrategias integradas que aborden múltiples dimensiones de la gobernanza simultáneamente.

Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación: Una limitación fundamental del presente estudio es su naturaleza transversal, que no permite inferir causalidad definitiva entre las variables analizadas. Si bien el modelo teórico y la literatura previa respaldan las direcciones causales propuestas, futuros estudios longitudinales podrían rastrear estos constructos a lo largo del tiempo para establecer la direccionalidad causal de manera más robusta y examinar cómo evolucionan las relaciones entre capacidad organizativa, confianza y sostenibilidad durante diferentes fases del ciclo de vida de los sistemas comunitarios. Adicionalmente, aunque el contexto andino multi-sitio proporciona mayor generalizabilidad que estudios de caso único, las particularidades culturales y socioeconómicas de la región de Cajamarca pueden limitar la aplicabilidad de los hallazgos a otros contextos geográficos. Investigaciones futuras podrían replicar este modelo en diferentes regiones de América Latina y otros continentes para examinar la estabilidad

transcultural de las relaciones identificadas. Finalmente, como sugieren Li y Wu (2023) y Frimpong et al. (2023), la contaminación y el cambio climático reducen la disponibilidad de agua en un 20% en regiones rurales, mientras que la falta de capacitación limita los resultados en un 30%. Futuros estudios podrían incorporar variables ambientales y climáticas al modelo para examinar cómo estos factores externos moderan las relaciones de gobernanza interna identificadas en esta investigación.

CONCLUSIONES

La sostenibilidad de la gestión comunitaria del agua no reside en un factor único, sino en la arquitectura integral de su gobernanza. Los hallazgos demuestran que el éxito emerge de la sinergia entre la capacidad organizativa, la confianza que esta genera y el marco normativo que la potencia. Descuidar cualquiera de estos pilares, especialmente los componentes intangibles como la confianza y la claridad de reglas, conduce a sistemas frágiles destinados al fracaso, independientemente de la solidez de su infraestructura física.

Al proponer y validar un modelo de ecuaciones estructurales, este trabajo no solo ofrece una explicación más matizada de la sostenibilidad, sino que también proporciona una herramienta analítica para que las comunidades y las agencias de desarrollo diagnostiquen y fortalezcan sus sistemas de gobernanza del agua. La cuantificación de los efectos de mediación y moderación permite diseñar intervenciones más

efectivas y eficientes, maximizando el retorno de las inversiones en desarrollo rural.

Los resultados trascienden el contexto específico del estudio para contribuir al corpus teórico global sobre gobernanza de recursos comunes, demostrando que los principios de Ostrom requieren actualización para incorporar explícitamente los mecanismos psicosociales y las condiciones institucionales que median su efectividad. Esta comprensión resulta fundamental para el diseño de políticas públicas que reconozcan la complejidad inherente de la acción colectiva en la gestión de recursos naturales.

A medida que el cambio climático incrementa la presión sobre los recursos hídricos y las poblaciones rurales enfrentan desafíos crecientes de acceso y calidad, comprender y fortalecer la arquitectura social de la gestión comunitaria no constituye meramente un objetivo académico, sino un imperativo para la resiliencia y el bienestar de millones de personas en las zonas rurales del mundo. El modelo desarrollado en este estudio proporciona un marco conceptual y metodológico para avanzar hacia este objetivo crítico.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Bazaanah, P., y Mothapo, R. (2023). Sustainability of drinking water and sanitation delivery systems in rural communities of the Lepelle Nkumpi Local Municipality, South Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 1. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10088694/>
- Bhatta, R., Loc, H., Babel, M., y Chapagain, K. (2024). Assessment and enhancement of community water supply system sustainability: A dual framework approach. *Environmental and Sustainability Indicators*, 24, 100486. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972724001545>
- Córdova, M., Menoscal, J., y Flores, E. (2023). Governance and the design of post-disaster policies: A comparative analysis from Latin America and the Caribbean. *Disasters*, 47(3), 766–787. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/disa.12561>
- Costa, S., Meireles, I., y Sousa, V. (2024). Understanding residential water demand: Insights from a survey in a Mediterranean city. *Urban Water Journal*, 21(4), 521–537. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1573062X.2024.2312501>
- Evaristo, J., Jameel, Y., Tortajada, C., Wang, R., Horne, J., Neukrug, H., y Biswas, A. (2023). Water woes: The institutional challenges in achieving SDG 6. *Sustainable Earth Reviews*, 6(1), 13. <https://link.springer.com/article/10.1186/s42055-023-00067-2>
- Frimpong, F., Asante, M., Peprah, C., Amankwaa, P., Danquah, E., Ribeiro, P., y Botey, H. (2023). Water-smart farming: Review of strategies, technologies, and practices for sustainable agricultural water management in a changing climate in West Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1110179. <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2023.1110179/full>
- George, H., Hunt, D., y Rogers, C. (2024). Sustainable water infrastructure: Visions and options for Sub-Saharan Africa. *Sustainability*, 16(4), 1592. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/4/1592>
- Ghosal, S., y Ruj, C. (2023). Societal impact analysis of community-managed potable water supply system in rural India. *Journal of Applied Social Science*, 17(1), 148–167. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/19367244221119140>
- Li, P., y Wu, J. (2023). Water resources and sustainable development. *Water*, 16(1), 134. <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/1/134>
- Machado, A., Oliveira, P., Matos, P., y Santos, A. (2023). Strategies for achieving sustainability of water supply systems in rural environments with community management in Brazil. *Water*, 15(12), 2232. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/12/2232>
- Maruapula, K., Yessoufou, K., y Modley, L. (2023). Community perceptions, participation, and satisfaction with existing Water Resource Management Plans: A case study of a polluted water system in South Africa. *AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 72(8), 1373–1385. <https://iwaponline.com/aqua/article/72/8/1373/96200>
- Murray, A., Stone, G., Yang, A., Lawrence, N., Matthews, H., y Kayser, G. (2024). Rural Water Point Functionality Estimates and Associations: Evidence From Nine Countries in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Water Resources Research*, 60(2), e2023WR034679. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2023WR034679>
- Ololade, O., O'Shea, B., Quandt, A., Pandey, V., y Oke, S. (2023). Emerging trends on adaptive capacity and water security measures under a looming climate change threat. *Frontiers in Water*, 5, 1139682. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frwa.2023.1139682/full>

- Parag, Y., Elimelech, E., y Opher, T. (2023). Bottled water: An evidence-based overview of economic viability, environmental impact, and social equity. *Sustainability*, 15(12), 9760. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/12/9760>
- Santos, E., Carvalho, M., y Martins, S. (2023). Sustainable water management: Understanding the socioeconomic and cultural dimensions. *Sustainability*, 15(17), 13074. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/17/13074>
- Standen, K., Costa, L., Hugman, R., y Monteiro, J. (2023). Integration of Managed Aquifer Recharge into the Water Supply System in the Algarve Region, Portugal. *Water*, 15(12), 2286. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/12/2286>
- Toan, T., Hanh, D., y Thu, D. (2023). Management models and the sustainability of rural water supply systems: An analytical investigation in Ha Nam Province, Vietnam. *Sustainability*, 15(12), 9212. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/12/9212>
- Xu, S., Qin, T., Lu, J., Liu, S., Hou, J., Feng, J., y Abebe, S. (2024). Identification of driving mechanisms of actual evapotranspiration in the Yiluo River Basin based on structural equation modeling. *Ecological Processes*, 13(1), 69. <https://link.springer.com/article/10.1186/s13717-024-00551-3>
- Zhu, Y., Liu, C., Peng, C., Zhou, X., Xie, B., Li, T., y Liu, Z. (2024). Applications of structural equation modeling in plant functional trait research. *Environmental Reviews*, 32(4), 525–538. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/er-2023-0128>