

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

**Análisis de los sistemas de provisión de agua potable en comunidades rurales de
Panamá**

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y la Escuela de
Posgrado como requisito para optar al grado de**

MAGISTER SCIENTIAE

En Economía, Desarrollo y Cambio Climático

Stephanie Crestelle Morales Torres

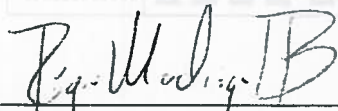
Turrialba, Costa Rica

2021

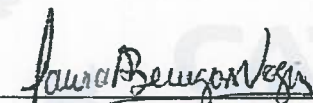
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA, DESARROLLO Y
CAMBIO CLIMÁTICO**

FIRMANTES:



Róger Madrigal Ballesterero, Ph.D.
Director de tesis



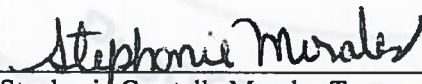
Laura Benegas Negri, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Bárbara Viguera Moreno, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.
Decano, Escuela de Posgrado



Stephanie Crestelle Morales Torres
Candidata

Análisis de los sistemas de provisión de agua potable en comunidades rurales de Panamá

Analysis of drinking water supply systems in rural communities of Panama

Stephanie Crestelle Morales Torres

Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
stephanie.morales@catie.ac.cr

Resumen

Se analizaron a través de modelos de regresión, los efectos de factores financieros, organizacionales, de capital humano, estado de la infraestructura, ambientales y climáticos sobre las horas de distribución de agua en comunidades rurales de Panamá, que son abastecidas a través de Juntas Administradoras de Acueductos Rurales o comités de agua comunitarios. Las horas promedio de distribución de agua para las comunidades analizadas fue de 19.22, con una desviación estándar de 7.85. Las horas de servicio promedio recibidas en las comunidades son influenciadas, mayormente, por variables como la rendición de cuentas de los comités hacia los usuarios, la disponibilidad de fondos monetarios, la aplicación de medidas preventivas y correctivas en los sistemas, así como el estado de la infraestructura de agua. Dentro de las variables ambientales y climáticas consideradas, la variable precipitación presentó alta significancia, considerándose como un predictor para la recarga hídrica, al igual que la variable de cobertura boscosa a nivel de cuenca, ambas presentaron un efecto positivo sobre las horas de distribución de agua. Este estudio servirá de base para la toma de decisiones y fortalecimiento de las capacidades técnicas y administrativas de los comités de agua en Panamá, a fin de mejorar los servicios que proveen.

Palabras claves:

Comités de agua, sistemas socioecológicos, sistemas de abastecimiento de agua, gobernanza local, características ambientales.

Abstract

Regression models were used to analyze the effects of financial, organizational, human capital, infrastructure, environmental and climatic factors on the hours of water distribution in rural communities in Panama that are supplied through Rural Aqueduct Management Boards or community water committees. The average hours of water distribution for the communities analyzed was 19.22, with a standard deviation of 7.85. The average hours of service received in the communities are mostly influenced by variables such as the accountability of the committees to the users, the availability of monetary funds, the application of preventive and corrective measures in the systems, as well as the condition of the water infrastructure. Among the environmental and climatic variables considered, the precipitation variable was highly significant and was considered a predictor of groundwater recharge, as was the forest cover variable at the basin level, both of which had a positive effect on the hours of water distribution. This study will serve as a basis for decision making and strengthening the technical and administrative capacities of water committees in Panama, in order to improve the services they provide.

Keywords

Water committees, socio-ecological systems, water supply systems, local governance, environmental characteristics.

1. Introducción

Es conocido que los servicios de agua potable eficientes y seguros son importantes para la salud humana, estos forman parte de los derechos humanos, el bienestar de la población y el desarrollo sostenible (Bartram y Cairncross, 2010). Los sistemas de abastecimiento de agua en áreas rurales de América Latina y el Caribe presentan un servicio discontinuo y muchas veces se desconoce la calidad de la misma. Aproximadamente, el 16% de la población rural en América Latina y el Caribe no utiliza fuentes mejoradas de agua, y el 32% de la población rural no utiliza agua potable entubada en sus hogares (WHO, 2017).

En Panamá, se han identificado hallazgos claves relacionados con el servicio de agua potable, dando como resultado que cerca de un millón de personas no tienen acceso a servicios mejorados de agua y saneamiento, lo cual representa un 82% de población en áreas rurales. Otro hallazgo es el déficit de inversiones para el sector de agua potable, así como la falta de fortalecimiento de los prestadores de servicio (MINSa, 2013).

En cuanto al tipo de abastecimiento de agua a nivel nacional, se considera que cerca del 19.8% se realiza a través de acueductos públicos comunitarios bajo la gestión de las JAAR's (Juntas Administradoras de Acueductos Rurales) o comités de agua (Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica, 2016). A través de estos comités de agua gestionados por la comunidad, se llevan a cabo las actividades financieras y operacionales de los sistemas de abastecimiento de agua potable, con el fin de ofrecer un servicio constante a la población beneficiada.

El desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua potable depende de la intervención humana y de las características ambientales del entorno; es por esto que se pueden caracterizar dentro del marco de un sistema socioecológico (Ostrom 2007; Madrigal *et al.* 2011). La utilización de este marco permite una mayor comprensión de la interacción de las variables ecológicas-climáticas, las estructuras de gobernanza y las características de los usuarios de los sistemas de agua, para predecir el nivel de desempeño de estos últimos.

Según Rodríguez y Weiss (2016), en general, un proveedor de servicios tiene la tarea clave de asegurar el funcionamiento de la infraestructura a través de las gestiones administrativas y financieras, tales como la fijación de tarifas, la facturación mensual entre otros, y de las actividades operacionales, dentro de las cuales se mencionan las actividades de limpieza y mantenimiento de la infraestructura del sistema. El desarrollo de estas actividades administrativas como operativas contribuyen, de forma positiva, a la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable.

Otros de los componentes que explican la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable, por parte de los comités de agua hacia las comunidades, son los encontrados por Prokopy *et al.* (2008), concordando en que la capacidad técnica y de gestión fortalecen el cumplimiento de los requerimientos del sistema, así como la generación de apoyo financiero, la satisfacción de los usuarios del sistema y la continuidad del servicio.

Se ha observado que las características institucionales de los comités de agua son determinantes en el buen desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua, el cual puede representarse por la continuidad del servicio, así como en la calidad y cantidad de agua adecuada para consumo, en las viviendas beneficiadas. De igual manera, se han identificado características ambientales y climáticas relacionadas, mayormente, con la recarga hídrica, que favorece la disponibilidad de agua para consumo humano y actividades domésticas.

Parte de esas características fueron identificadas por Mohan *et al.* (2018), quienes determinaron que la precipitación y la evapotranspiración tienen influencia sobre la recarga hídrica. Además consideraron que la variabilidad en la precipitación ocasiona alteraciones en los niveles del agua subterránea, así como en la recarga temporal y espacial, generando implicaciones en la disponibilidad de agua, principalmente, en las regiones áridas.

Continuando con las variables climáticas, Schleich y Hillenbrand (2009), identificaron que los patrones de lluvia afectan el consumo de agua en residencias indicando que cuanto mayor sea la precipitación en los días de verano, se reduce la demanda de agua, sin embargo las altas precipitaciones reducen la demanda de agua para actividades del jardín y servicios públicos, mientras que la temperatura no tiene algún efecto para este estudio. Aseguran que los efectos del cambio climático influirán sobre los patrones de lluvia, por lo cual se reducirán los niveles de agua subterránea en muchas regiones generando un menor suministro de agua especialmente durante la época seca. En relación con la variable de temperatura, Aguirre (2015), indica que las localidades ubicadas en zonas de clima cálido, tienen mayores consumos de agua que las que se encuentran en climas templados, teniendo un efecto sobre la demanda y disponibilidad de agua.

Existe un vínculo entre la cobertura boscosa, la calidad y cantidad del agua, así como la constancia del flujo; por tanto, la pérdida de cobertura forestal y el cambio de uso de suelo afecta de forma negativa el suministro de agua (Dudley y Stolton, 2003). Los autores antes mencionados indican que cuencas con bosques bien gestionados cuentan, en su mayoría, con agua de buena calidad, en relación con otras cuencas en las cuales no se realiza una buena gestión del recurso forestal.

A través de la revisión de literatura se pudo determinar aquellas variables de tipo institucionales, concernientes con el buen desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua, y aquellas variables ambientales y climáticas que tienen un efecto sobre la disponibilidad de agua. Utilizando estas variables, se brindó respuesta al objetivo principal de la investigación, el cual fue determinar como influyen las variables climáticas y ambientales, así como las variables institucionales de los comités de agua sobre las horas de distribución de agua, representado como la continuidad del servicio ofrecido hacia las comunidades rurales analizadas de Panamá.

Los resultados de esta investigación podrían generar un apoyo a las autoridades gubernamentales encargadas del servicio de abastecimiento de agua potable en Panamá, sobre aquellos aspectos relacionados con el aumento de la continuidad del servicio, a fin de lograr cumplir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 6, Agua Limpia y Saneamiento, específicamente a las metas 6.1 y 6.b, relacionadas con el acceso universal y equitativo al agua potable y el fortalecimiento de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua.

Asimismo, la identificación de las debilidades institucionales de los comités de agua relacionadas con el manejo financiero y operacional de los sistemas de abastecimiento de agua potable, a través de los cuales se pueden gestionar programas y proyectos para el fortalecimiento de estas capacidades internas, así como la generación de proyectos en beneficio de la protección del recurso hídrico, con el fin de aumentar la cobertura de agua, principalmente, en comunidades rurales.

1.1 Revisión de literatura

Los sistemas de abastecimiento de agua potable pueden ser analizados como sistemas socioecológicos (SES), definidos comúnmente como sistemas ecológicos estrechamente vinculados y afectados por uno o más sistemas sociales, y viceversa. Estos contienen unidades que interactúan de forma independiente y a la vez, pueden contener subunidades interrelacionadas (Anderies, *et al.* 2004). Los sistemas de abastecimiento de agua potable son considerados un sistema socioecológico, debido a que se relaciona con las características hidrográficas y climáticas, así como con los componentes de la infraestructura del sistema y demás intervenciones humanas, a través de las cuales, se garantizan un buen desempeño (Madrigal *et al.* 2011).

Una forma de analizar los sistemas socioecológicos es mediante el marco de referencia establecido por Ostrom (2007), el cual involucra una estructura de variables desagregadas en niveles, sobre las cuales se pueden analizar los sistemas de recursos, el sistema de gobernanza, los usuarios, las unidades de recursos, y las interacciones entre estas variables que brinden respuesta a medidas de desempeño ambiental, ecológicas y externalidades de los sistemas socioecológicos. En este análisis se involucran los entornos sociales, económicos, políticos y los ecosistemas relacionados, como se detalla en la figura 1. Ver anexo 1, de las variables de primer y segundo nivel para el análisis de las organizaciones comunitarias de agua potable.

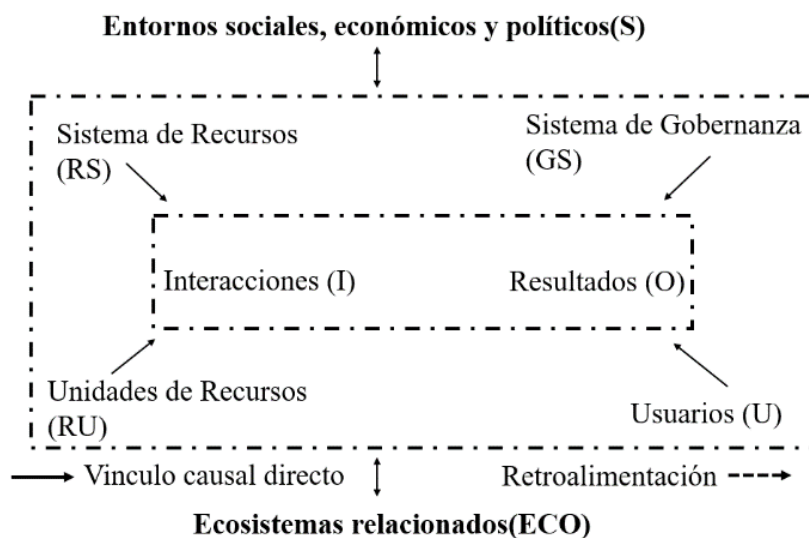


Figura 1. Marco multinivel para analizar un sistema socioecológico.
Fuente: Ostrom, (2007).

Madrigal *et al.* (2011), a través del marco multinivel previamente establecido por Ostrom (2007) y Meizen Dick (2007), realizaron una adaptación que permitió analizar los sistemas de abastecimiento de agua potable como sistemas socioecológicos; como resultado determinaron que las características de la gobernanza local están vinculadas con un alto desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua, como son la rendición de cuenta, las reglas de trabajo y el enfoque impulsado por la demanda.

La gobernanza se define como una forma de coordinación social, que involucra tanto a individuos como organizaciones, que toman decisiones sobre la sostenibilidad de un recurso

(Folke *et al* 2005). Cabe resaltar que la gobernanza es uno de los niveles primarios descritos en el marco de referencias para el análisis de las organizaciones comunitarias de agua potable adaptada por Madrigal *et al.* (2011).

Un elemento de la gobernanza local con efectos positivos sobre el desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua potable es la rendición de cuentas. Como indica Madrigal (2009), a través de los mecanismos de rendición de cuenta se genera un involucramiento de las comunidades y los miembros del comité sobre la gestión del sistema, lo que incide de forma positiva sobre la provisión de agua, satisfaciendo la demanda de agua en calidad y cantidad. Cabe resaltar que, a través de los mecanismos de rendición de cuentas por parte de los comités de agua, se detallan hacia las comunidades, las actividades realizadas sobre el manejo del sistema de abastecimiento y se involucran en la participación y toma de decisiones, alcanzando los objetivos y metas en conjunto.

Así como las características de la gobernanza local han sido identificadas como uno de los predictores del buen desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua potable, existen otros tipos de características que han sido identificadas por diversos autores. Por mencionar a Prokopy *et al* (2008), que encontraron que el apoyo financiero, la capacidad técnica, la continuidad del servicio de agua y la satisfacción del usuario se vinculan con un alto desempeño físico del sistema, y desempeño financiero de los comités, lo cual garantiza un servicio de agua de buena calidad y su sostenibilidad a largo plazo.

Otra de las características identificadas por los autores antes mencionados, es la recaudación de fondos, ya que, por medio de estos se logra cubrir los costos operativos y de mantenimiento. Lo anterior está muy relacionado con la disponibilidad de fondos para la ejecución de actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, a fin de asegurar una continuidad del servicio. Esta característica concuerda con lo encontrado por Whittington *et al.* (2009), los cuales determinaron que la salud financiera de los comités de agua puede presentar riesgos si se recauda muy poco dinero, ya que esto los imposibilita a recuperar los costos de operación y de mantenimiento del sistema de agua. En esta misma línea, Sara y Katz (1998), encontraron que los comités de agua, que cuentan con un registro de ingresos y gastos favorecen la disponibilidad a pagar por parte de los usuarios, contribuyendo de esta forma al desempeño financiero del comité.

Cabe resaltar que la literatura ha analizado la perspectiva de género en proyectos de abastecimiento de agua, concordando en que existen diferentes intereses y propósitos en el uso del agua. En este sentido, Prokopy (2004), identificó que la participación de los hombres en la toma de decisiones relacionadas con los sistemas de abastecimiento de agua, como la ubicación de las bombas, el número y ubicación de componentes entre otros, es mayor en comparación con la participación de las mujeres. Sin embargo, Van Wijk-Sijbesma (1998), asegura que los proyectos de gestión del agua que excluyen a las mujeres como principales actores y grupo de interés pasan por alto a una gran población, y perjudican la eficacia y eficiencia de los proyectos.

Lo antes expuesto ha sido analizado desde la década de los años setenta, a partir de la cual se ha considerado a las mujeres entre los principales actores y administradores del agua. De igual forma, se ha demostrado que el involucramiento de las mujeres en las distintas fases de proyectos de abastecimiento de agua (planificación, construcción y gestión) favorece de forma positiva el desarrollo de los proyectos y, por ende, la cobertura en los hogares, así como un buen desempeño de los comités de agua (Van Wijk-Sijbesma 1998;2001).

Gutiérrez *et al.* (2013), en su estudio realizado en Chiapas (México), encontraron que las mujeres se desempeñan principalmente en ocupar puestos como secretaria, tesorera o vocal. El buen desempeño de estos puestos, es asociado a que estas conocen las demandas del agua para las necesidades básicas del hogar.

Finalmente, el apoyo post-construcción, ha sido un determinante en el desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua potable. A través de este, se generan mejoras en el funcionamiento de aquellos sistemas de agua intermitentes, con poca cobertura domiciliaria, así como el reemplazo de componentes deteriorados (Prokopy *et al.* 2008).

Indiscutiblemente, las características institucionales de los comités de agua, así como el capital humano y el estado de la infraestructura son elementos importantes en el desempeño de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Asimismo, se han presentado investigaciones que expresan la relación que existe entre variables ambientales y climáticas sobre la recarga hídrica, la cual tiene un efecto directo sobre la disponibilidad de agua para el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua y su servicio hacia las comunidades beneficiadas; aunque directamente no se han reportado investigaciones relacionadas, se analiza principalmente el efecto sobre la disponibilidad de agua.

En ese sentido, Mohan *et al.* (2018), identificaron la precipitación como un predictor influyente asociado a la recarga hídrica, presentándose elevados niveles de recarga en aquellas regiones con precipitaciones superiores a los 4,000 mm por año. Por su parte, Taylor *et al.* (2012), determinaron que las lluvias estacionales y mensuales, anormalmente intensas, se han asociado con el sostenimiento de los recursos de agua subterránea, favoreciendo su disponibilidad.

El estudio realizado por Delgado (2003), sobre el sistema de flujo de agua subterránea y calidad del agua en un acuífero de la Llanura Costera en el Noroeste de Nicaragua, concluyó que la variabilidad de los niveles de agua subterránea, son consecuencia de la recarga hídrica generada durante la temporada seca y húmeda, la extracción de agua subterránea y la evapotranspiración. De igual forma, Whittemore *et al.* (2016), detallan que los cambios en los niveles de agua subterránea son una respuesta de las presiones antropogénicas y climáticas; además encontraron en su estudio que los aumentos anuales más frecuentes y sustanciales de los niveles de agua subterránea, son el reflejo de las precipitaciones del mismo año, representado por precipitaciones medias anuales mayores a 84 mm.

Relacionado con la precipitación, Kim y Jackson (2012), consideran que el aporte de agua por la precipitación se ve afectado a medida que aumenta la evapotranspiración potencial, concordando con Mohan *et al.* (2018), en que la precipitación y la evapotranspiración potencial son variables influyentes en la recarga hídrica, este a su vez considera otras variables como el índice de aridez, el número de días con precipitación, así como la vegetación y uso del suelo.

Otra variable comúnmente analizada es la temperatura, estudiada por Harris *et al.* (2014), los cuales encontraron que, para las regiones con clima seco, se presentan diferencias significativas en la recarga de agua, en comparación con aquellas regiones con clima húmedo. Sin embargo, en el estudio realizado por Mohan *et al.* (2018), la variable de temperatura no fue un predictor importante como factor climático que favorece la recarga hídrica, sin embargo, la evapotranspiración potencial sí fue identificada como un predictor de la recarga de agua, en conjunto con otros factores como el índice de aridez.

La pendiente del terreno es otro factor considerado por varios autores como un predictor de la recarga hídrica. A mayor pendiente aumenta la escorrentía superficial a causa de la velocidad

del movimiento del agua superficial, lo cual genera una disminución de la capacidad de infiltración, reduciendo de esta manera la capacidad de recarga (Monge, 2015; Yeh *et al.* 2009). Por su parte Hernández *et. al* (2020), encontraron que el mayor potencial de recarga hídrica se lleva a cabo en pendientes moderadamente inclinadas e inclinadas, las zonas de pendientes escarpadas el agua se dirigirá hacia los arroyos o cuerpos de agua y las zonas de pendientes planas o ligeramente inclinadas se consideran zonas de acumulación y descarga.

Por su parte, Magest *et al.* (2012), realizaron una caracterización de la pendiente del terreno según su capacidad de infiltración, considerando que en un mayor grado de inclinación del terreno, se genera un rápido paso del agua aumentando la erosión superficial con débil potencial de recarga; las categorías indican que pendientes de terreno de 0° a 6° corresponden a una zona de recarga hídrica muy buena, áreas con pendientes de 6 a 16° se categorizan como buenas, áreas con pendiente de 16° a 27° son áreas con potencial de recarga pobre y aquellas áreas con pendiente mayores a 27° se categorizan como áreas muy pobres en recarga hídrica

Otro factor estudiado ha sido la cobertura de suelo relacionada con la recarga de agua subterránea, Hall *et al.* (2012) destacó que la presencia de bosque potencia la infiltración del agua favoreciendo la recarga hídrica, generando agua de buena calidad; a su vez indica que la predominancia de bosque favorece la disponibilidad de agua durante la época seca, en comparación a otros usos del suelo. El resultado anterior concuerda con lo establecido por Ogden *et al.* (2013), apoyando la hipótesis del efecto esponja de la cobertura boscosa, a través de una mayor tasa de infiltración de agua en el suelo.

Sin embargo, diversos autores consideran que la recarga hídrica, se ve afectada por la evapotranspiración del agua interceptada por las copas de los árboles, generándose por consiguiente una menor disponibilidad de agua para infiltración (Krishnasway *et al.* 2013; Kim y Jackson 2012).

Incluso autores consideran que la cobertura boscosa se debe analizar a través de escalas espaciales, considerando que la cobertura boscosa influye directamente sobre el ciclo hidrológico, al generarse una pérdida de cobertura boscosa a gran escala se conduce a una reducción de la evapotranspiración potencial desencadenando una disminución en la precipitación e incremento de los periodos secos, considerando la evapotranspiración potencial como un mecanismo de retorno de agua al ciclo hidrológico. Sin embargo, al mantener grandes extensiones de cobertura boscosa a nivel de cuenca, se genera un aumento de la evapotranspiración incrementando la precipitación bajo el concepto de reciclaje de la precipitación y el flujo del ciclo hidrológico (Ellison *et al.* 2011; Sheil y Murdiyarso 2009). A nivel local, la cobertura boscosa contribuye a la infiltración del agua, favoreciendo el suministro de agua a escalas regionales.

Por último, en la literatura se ha analizado un elemento vinculante a la recarga de agua, el cual es el tipo de cobertura del suelo, indicándose que la vegetación forestal presentó una mayor recarga hídrica, seguido de las tierras de uso agrícola, a la vez se indica que el establecimiento de urbanizaciones y agricultura reducen de forma considerada la recarga de agua subterránea (Paul, 2006). No obstante, Kim y Jackson (2012), expresan que, en las áreas de pastizales, existe una mayor retención de agua, y en las áreas de bosques tropicales se pierde un porcentaje de agua por causa de la evapotranspiración interceptada en el follaje de los bosques. Como resultado, los cultivos tienen mayor proporción de contribución a la recarga hídrica, seguida por las áreas de pastizales y luego, los bosques.

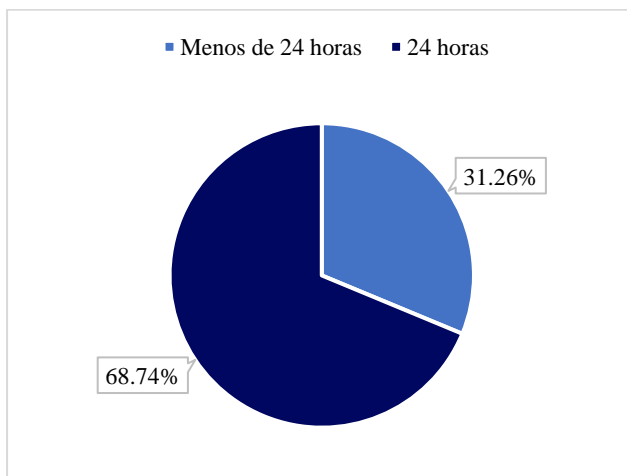
2. Metodología

2.1 Fuente de datos

Los datos utilizados en el presente estudio consisten en resultados de encuestas aplicadas a comunidades rurales de Panamá, las mismas son de dominio público y mantienen información del sistema de abastecimiento de agua potable, el prestador del servicio e información de la comunidad. Estas encuestas son realizadas por el Ministerio de Salud, entidad responsable de la provisión del servicio de agua rural en Panamá, a través de la Dirección del subsector de agua potable y alcantarillado sanitario, publicada en la página del SIASAR (Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural). Mediante esta base de datos se identificaron un total de 734 comunidades que mantenían información sobre las características financieras, del capital humano y organizacionales de los comités de agua, características socioeconómicas de las comunidades beneficiadas e información sobre las características del sistema de abastecimiento de agua potable.

Las variables ambientales y climáticas fueron determinadas a partir de la interpolación de capas tipo ráster a través de Sistema de Información Geográfica (SIG). Las capas de las variables climáticas de temperatura y precipitación, fueron obtenidas a través de la página CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas). La resolución de la capa de temperatura es de 0.0083, con cobertura de 920 m y la capa de precipitación representada en datos anuales de precipitación presenta los mismos resoluciones y cobertura. La capa de elevación digital se obtuvo por medio del Smithsonian Tropical Research Institute y el porcentaje de cobertura boscosa fue determinado según el Plan Nacional de Seguridad Hídrica de Panamá 2015-2050, a nivel de cuenca hidrográfica.

La calidad del servicio de abastecimiento de agua potable puede determinarse a través de indicadores como la cobertura domiciliaria, la continuidad del servicio de agua, la calidad de agua que recibe la población beneficiada, la satisfacción de los usuarios, entre otras. La variable seleccionada para determinar la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable, en el presente estudio, fue la cantidad de horas de distribución de agua, medida en horas de servicio por día desde 0 a 24 horas. A través de esta variable se pudo determinar la continuidad del servicio de agua que reciben las viviendas beneficiadas, identificando las variables que se asocian con un mayor número de horas de servicio.



Como se puede observar en la figura 2, el 68.74% de los sistemas de abastecimiento de agua de las comunidades analizadas mantienen una distribución de agua las 24 horas del día, mientras que el 31.26% de comunidades que presentan menos de 24 horas de distribución de agua al día.

Figura 2. Distribución de horas de servicio

Fuente: Elaboración propia, 2021

Estadística descriptiva de las variables utilizadas

La variable de horas de distribución de agua, tiene una media de 19.22 horas/día con una desviación estándar de 7.85. En el siguiente gráfico de histograma se puede observar que presenta una distribución asimétrica negativa.

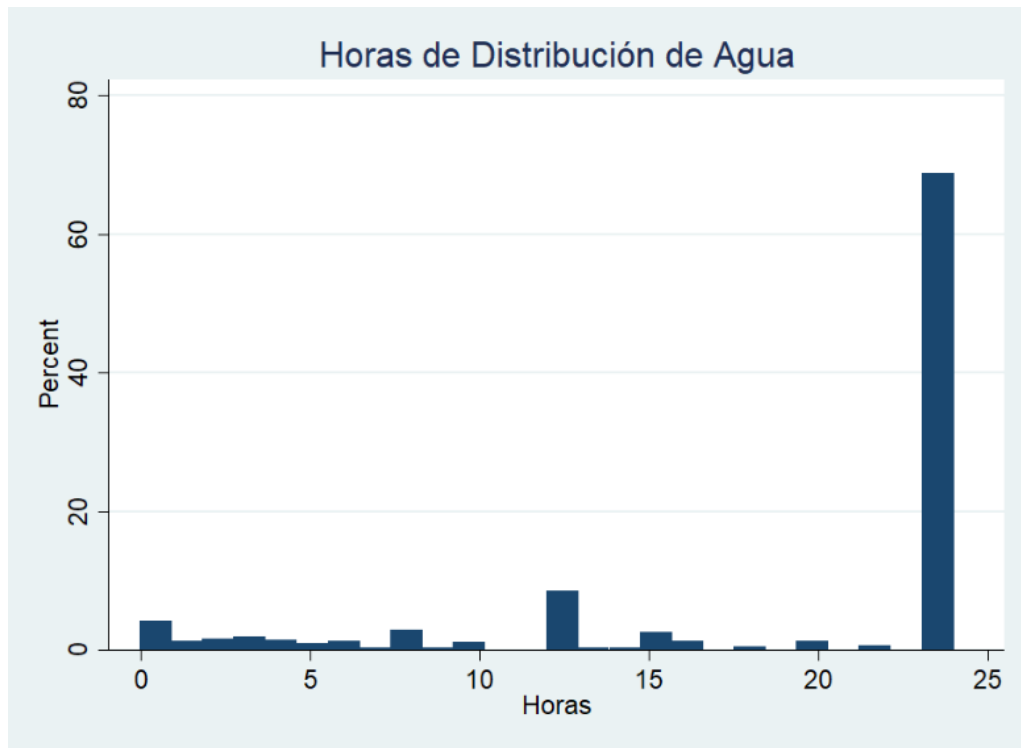


Figura 3. Histograma de la distribución de los datos

Fuente: Elaboración propia, 2021

En las siguientes tablas, se presenta la estadística descriptiva de las variables utilizadas.

Tabla 1.

Estadísticas descriptivas de las variables financieras a nivel de comunidad

<i>Variables financieras</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Est.</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Cuenta bancaria (Disponen de cuenta bancaria 1=Si, 0=No)</i>	0.44	0.49	0	1
<i>Facturación mensual (US\$)</i>	266.94	675.44	0	3,562.55
<i>Fondos disponibles en efectivo y/o cuenta bancaria (1=Si, 0=No)</i>	0.81	0.38	0	1

Fuente: Elaboración propia, 2021

Las variables financieras están representadas por variable de tenencia de cuenta bancaria, monto facturado mensualmente y posesión de fondos en efectivo o en cuenta bancaria. La facturación mensual corresponde al promedio mensual en los últimos 12 meses expresado en dólares americanos. La variable fondos está expresada de forma binaria considerando aquellos comités

que mantienen fondos disponibles para actividades de mantenimientos y rehabilitación de componentes del sistema de abastecimiento de agua.

Tabla 2.

Estadísticas descriptivas de las variables organizacionales a nivel de comunidad

<i>Variables organizacionales</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Est.</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Rendición de cuenta (Si realizan o no mecanismo de rendición de cuenta a la comunidad 1=Si, 0=No)</i>	0.75	0.44	0	1
<i>Atención al Sistema (Si realizan o no mantenimiento preventivo y correctivo al sistema 1=Si, 0=No)</i>	0.86	0.34	0	1
<i>Reglamento Junta (Mantienen y aplican o no un reglamento para la prestación del servicio 1=Si, 0=No)</i>	0.64	0.48	0	1
<i>Apoyo técnico (Reciben o no apoyo técnico del gobierno/otras instituciones para la operación del sistema. 1=Si, 0=No)</i>	0.49	0.50	0	1
<i>Estado legal de la junta (Está o no legalizado el comité o junta ante el MINSA 1=Si, 0=No)</i>	0.87	0.33	0	1

Fuente: Elaboración propia, 2021

Dentro de las variables organizacionales, se utilizó la variable de rendición de cuenta, indicando aquellos comités que realizan mecanismos de rendición de cuenta y aquellos que no realizan. La variable de atención al sistema indica si los comités de agua realizan mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de abastecimiento. La variable de reglamento junta detalla aquellos comités de agua que poseen un reglamento para la prestación del servicio de agua y los aplican sobre el servicio ofrecido sobre aquellos comités que no. La variable de apoyo técnico indica si reciben apoyo por parte del gobierno, u otras instituciones para la operación del sistema u otras actividades, y aquellas que no. Y el estado legal está representado por aquellos comités que están legalizados y aquellos que están en proceso o no están legalizados ante el Ministerio de Salud.

Tabla 3 .*Estadísticas descriptivas de las variables de capital humano a nivel de comunidad*

<i>Variable de capital humano</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Est.</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Número de mujeres en la junta (N°)</i>	0.29	0.81	0	5

Fuente: Elaboración propia, 2021

El capital humano está representado por la variable de número de mujeres en los comités de agua analizados, indistintamente del puesto que ocupen dentro de la junta. A través de la media, se puede observar que la participación de mujeres como miembros de los comités de agua es baja.

Tabla 4.*Estadísticas descriptivas de las variables de infraestructura a nivel de comunidad*

<i>Variables de estado de la infraestructura de agua</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Est.</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Estado de la infraestructura de agua (1= Buena Infraestructura y operante, 0= Mala Infraestructura y operante/no operante)</i>	0.79	0.40	0	1

Fuente: Elaboración propia, 2021

El estado de la infraestructura se transformó de una variable categórica que indicaba el estado físico de la infraestructura del sistema de abastecimiento, indicadas a continuación:

1= Caído: Infraestructura que no está funcionando y requiere de rehabilitación completa, y necesidad de inversiones que sobrepasan la capacidad financiera de la comunidad.

2= Malo: Infraestructura en funcionamiento o no con necesidad de inversión para reposición de componentes, que requiere apoyo externo.

3= Regular: Infraestructura en funcionamiento con necesidad de mejorar el mantenimiento. El problema puede ser resultado por la comunidad.

4=Bueno: Infraestructura en funcionamiento con todos los componentes en buena condición física.

A partir de esta categorización se estableció la variable dummy que representa el buen estado y mal estado de la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua.

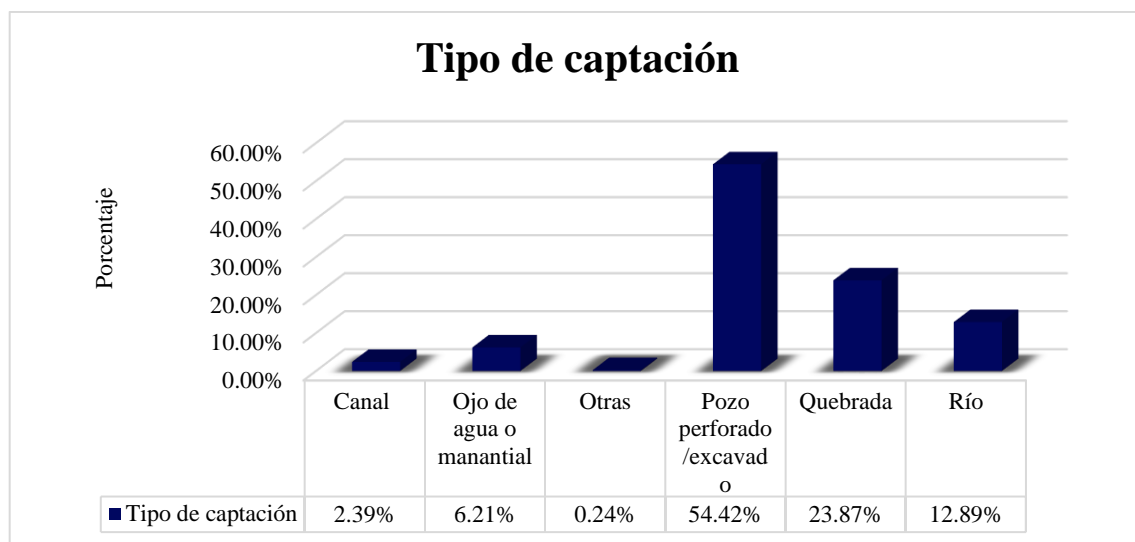
Tabla 5.**Estadísticas descriptivas de las variables ambientales y climáticas a nivel de comunidad**

Variables climáticas y biofísicas	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
<i>Temperatura media anual (°C)</i>	25.26	1.37	14	27
<i>Precipitación anual (mm)</i>	2,322	498.43	1,352	4,338
<i>Pendiente del terreno (°)</i>	14.37	13.08	0.06	66.27
<i>Porcentaje de cobertura boscosa en la cuenca (%)</i>	45.76	25.83	11	98

Fuente: Elaboración propia, 2021

El compendio de variables climáticas y biofísicas está representado por la temperatura media anual (°C), precipitación anual en milímetros (mm), la pendiente en terreno representada en grados de pendiente (°) en la ubicación del sistema de abastecimiento de agua y el porcentaje (%) de cobertura boscosa que presentan las comunidades ubicadas a nivel de cuenca hidrográfica.

Según el tipo de captación de los sistemas de abastecimiento de agua de las comunidades analizadas, el 54.42% obtiene agua a través de pozo perforado/excavado, el 23.87% de quebradas, el 12.89% de ríos, el 6.21% tiene su captación de ojos de agua o manantial, el 2.39% de canales y el 0.24% de otro tipo de fuente no especificada en la base de datos.

**Figura 4. Distribución porcentual del tipo de captación de agua**

Fuente: Elaboración propia, 2021

Considerando que parte de la precipitación se infiltra en el suelo contribuyendo a la recarga hídrica, y otra parte es transportada superficialmente a las fuentes de agua como son ríos y quebradas entre otros, contribuyendo al sostenimiento del caudal. Cabe resaltar que el transporte de la precipitación en la superficie, se ve afectada por los efectos de la pendiente del terreno, así como la cobertura boscosa y uso del suelo presente en la superficie, asimismo estos elementos contribuyen a la recarga hídrica, por lo cual se indica que las variables ambientales y climáticas,

afectan de distintas formas los sistemas de abastecimiento de agua potable, según el tipo de captación principal.

2.2. Modelos de regresión

La metodología utilizada para la determinación de las variables influyentes en las horas de continuidad del servicio de agua potable en las comunidades rurales analizadas, fue el análisis de regresión por Mínimos Cuadrados Ordinales, Poisson, Tobit y regresión lineal generalizada. A través del software estadístico Stata 14, se procedió a calcular los cuatro modelos de regresión antes descritos, a través de los cuales se pudo determinar la robustez de los resultados y su forma de interpretación.

A través de la estimación de los cuatro modelos antes mencionados, determinando la influencia de las variables de tipo financieras, organizacionales, de capital humano, estado de la infraestructura, y variables ambientales y climáticas, sobre las horas de distribución de agua potable, utilizada como variable dependiente. A continuación se presenta el modelo general de la regresión para las variables independientes y variable dependiente antes indicada.

$$Y_i = \beta_0 + \sum \beta_1 I_{1i} + \sum \beta_2 C_{2i} + \sum \beta_3 A_{3i}$$

i=Comunidad, I= Institucional, C= Climáticas, A= Ambientales; Yi= Horas de distribución de agua potable.

Las variables independientes consideradas para cada grupo de variables, fueron las siguientes:

Tabla 6.

Variables explicativas del servicio de abastecimiento de agua.

Variable Dependiente:		Horas de Distribución de Agua	
Variables Independientes			
Variables Institucionales (I)	Variables Climáticas (C)	Variables Ambientales (A)	
<ul style="list-style-type: none"> o Cuenta Bancaria o Facturación o Fondos Disponibles o Rendición de Cuenta o Atención al Sistema o Reglamento de la Junta o Apoyo Técnico o Estado legal de la Junta o Número de mujeres en la junta o Estado de la infraestructura 	<ul style="list-style-type: none"> o Temperatura media o Precipitación anual 	<ul style="list-style-type: none"> o Pendiente del Terreno o Porcentaje de Cobertura Boscosa 	

Fuente: *Elaboración propia, 2021*

En esta tabla se indican las variables independientes, las cuales fueron previamente identificadas en la sección de revisión de literatura, y relacionadas con las existentes en la base de datos de SIASAR para el caso de las variables institucionales e información de datos globales, para el

caso de las variables ambientales y climáticas. Estas variables independientes fueron consideradas, debido a que pueden brindar información sobre la calidad del servicio de agua ofrecido a las comunidades, representada en este caso como horas de distribución de agua potable.

2.2.1 Verificación de modelos

El modelo de regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), permite determinar la existencia de relación entre dos o más variables, reduciendo la suma de cuadrados de las diferentes ordenadas. Este tipo de modelo realiza estimaciones a través del estimador Mínimos Cuadrados Ordinarios y se utiliza para analizar datos de estudios cuantitativos, minimizando los errores.

Para el modelo MCO, se realizó el diagnóstico de los supuestos de normalidad a través de la prueba de Shapiro-Wilk, determinando que los errores no se distribuyen de forma normal, la multicolinealidad se determinó mediante el factor de inflación de varianza o VIF por medio del cual se cuantifica la intensidad de la multicolinealidad en un análisis de regresión de MCO, dando como resultado que no existe multicolinealidad entre las variables. Por último, el supuesto de homoscedasticidad se determinó por medio de la prueba de White, concluyéndose la ausencia de homoscedasticidad en el modelo.

Una vez identificada la falta de cumplimiento de los supuestos del modelo de regresión MCO, se procedió a corregir la heteroscedasticidad a través de las estimaciones de matrices de varianza y covarianza de White, para el cálculo de varianzas robustas. Al estimar la regresión con la matriz de varianza de White, el modelo es robusto.

El problema de la normalidad se puede explicar, ya que la variable respuesta es una variable asimétrica, por lo cual su distribución no es normal. Wooldridge (2009), indica que el que no exista normalidad en los errores no es un problema serio cuando existe un gran tamaño de la muestra e indica que se puede emplear MCO en variables dependientes que no estén distribuidas normalmente.

El siguiente modelo analizado fue la regresión lineal generalizada, es un tipo de modelo flexible el cual utiliza distribuciones distintas a la distribución normal, además de modelos de varianza no constante. Se utiliza principalmente para variables dependientes de tipo discretas y variables limitadas, es recomendable cuando no se cumplen con los supuestos clásicos de normalidad y homoscedasticidad.

Este modelo utiliza una función de enlace a través del cual se transforma la variable dependiente ejecutando la regresión de la transformación respecto al modelo lineal tradicional, en conjunto con la función de distribución asociada a la variable dependiente. La función de distribución utilizada fue la de tipo Gaussian, con función de enlace de identidad.

El modelo de regresión Tobit, fue otro modelo realizado, a través del cual se analizan variables cuantitativas con datos censurados o truncamiento a través de una relación latente. Este modelo parte de las observaciones que toman el valor de cero, y para el resto de los datos se presentan de forma positiva. Para el caso de horas de distribución de agua 30 observaciones presentan cero (0) horas de distribución de agua, y las observaciones van de 0 a 24 horas. La interpretación de los resultados es la determinación del cambio en la variable respuesta asociada a los cambios de las variables regresoras a través de los efectos marginales.

Por último el modelo de regresión Poisson, es utilizado para variables dependientes de conteos. Este tipo de regresión no presenta una distribución normal en sus datos, por lo cual utiliza la distribución Poisson en su lugar. Realiza las estimaciones a través de máxima verosimilitud y la interpretación de sus coeficientes determinan los cambios en la variable respuesta asociada a los cambios de las variables regresoras.

El principal supuesto para utilizar el modelo de regresión Poisson, es que la media sea igual a la varianza, sin embargo, se puede utilizar cuando la media no está muy alejada de la varianza. En el caso de la variable dependiente la media tiene un valor de 19.22 y varianza de 61.62, este supuesto es estricto, ya que la varianza triplica el valor de la media, otro aspecto analizado fue el ajuste del modelo dando como resultado un valor de probabilidad de 0.000, por lo cual se indica que el modelo no se ajusta a una distribución de Poisson.

Para esta investigación se realizó el análisis con cuatro modelos de regresión, con el fin de determinar la consistencia de las variables analizadas sobre la variable dependiente, considerando que cada modelo utiliza un análisis de datos diferentes.

3. Resultados y Discusión

De las 734 observaciones, los modelos de regresión utilizados realizaron el análisis con un total de 630 observaciones, lo cual indica que los modelos no consideraron 104 observaciones, porque no mantenían datos representados como faltantes.

Los resultados de las regresiones a través de las cuales se identificaron las variables predictoras de las horas de continuidad del servicio de agua, se detallan a continuación indicando el coeficiente obtenido y el valor del estadístico T entre paréntesis.

Tabla 7.
Resultados de regresiones MCO, MLG, TOBIT y POISSON.

Variables	MCO	MLG	TOBIT	POISSON
<i>Variables financieras</i>				
Cuenta bancaria (Dummy)	0.4201461 (0.559)	0.4201461 (0.563)	0.4447779 (0.549)	0.4684781 (0.277)
Facturación mensual	0.0008241** (0.016)	0.0008241 (0.114)	0.0008321 (0.120)	0.0007013 ** (0.016)
Fondos disponibles (Dummy)	2.286236 ** (0.040)	2.286236 ** (0.020)	2.519068** (0.012)	2.383765*** (0.000)
<i>Variables organizacionales</i>				
Rendición de cuenta (Dummy)	2.295548 ** (0.012)	2.295548 *** (0.008)	2.394742 *** (0.007)	2.249543 *** (0.000)
Atención al Sistema (Dummy)	2.419079* (0.049)	2.419079 ** (0.019)	2.842508 *** (0.008)	2.615278 *** (0.000)
Reglamento junta (Dummy)	-0.2937522 (0.604)	-0.2937522 (0.694)	-0.3667354 (0.632)	-0.2762841 (0.534)
Apoyo técnico (Dummy)	-1.847801*** (0.005)	-1.847801*** (0.006)	-1.886505*** (0.006)	-1.835636 *** (0.000)
Estado legal de la junta (Dummy)	-0.8311012 (0.432)	-0.8311012 (0.417)	-0.8682249 (0.410)	-0.7234517 (0.256)

Variables	MCO	MLG	TOBIT	POISSON
<i>Variable de capital humano</i>				
Número de mujeres en la junta	0.274706 (0.569)	0.274706 (0.502)	0.3007938 (0.474)	0.3025569 (0.201)
<i>Variables de estado de la infraestructura de agua</i>				
Estado de la infraestructura de agua (Dummy)	3.963936 *** (0.000)	3.963936 *** (0.000)	4.361172 *** (0.000)	3.910166 *** (0.000)
<i>Variables climáticas y ambientales</i>				
Temperatura media anual	0.0798234 (0.512)	0.0798234 (0.757)	0.0984024 (0.710)	0.0689973 (0.651)
Precipitación anual	0.0018401 ** (0.040)	0.0018401 ** (0.023)	0.0018845 ** (0.024)	0.0017806 *** (0.000)
Pendiente del terreno	-0.0016503 (0.953)	-0.0016503 (0.953)	0.0004986 (0.986)	-0.0010601 (0.948)
Porcentaje de cobertura boscosa	0.0189912 (0.297)	0.0189912 (0.242)	0.0179515 (0.283)	0.019455 ** (0.043)
N° de observaciones	630	630	630	630

Nota: * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Fuente: Elaboración propia, 2021

Características Institucionales

Dentro de las variables que presentaron una alta significancia sobre la variable dependiente de horas de distribución de agua potable en los cuatro modelos fue la variable de rendición de cuentas, con un incremento en las horas a la distribución de agua, ver tabla 7. Esto puede estar correlacionado con el manejo interno de los comités de agua y su transparencia hacia la comunidad beneficiada, como se sabe los comités de agua son administrados por miembros de la comunidad.

El resultado de los coeficientes de la regresión por MCO, indica que los comités de agua que realizan mecanismos de rendición de cuenta mediante asambleas en la comunidad, tienen en promedio 2 horas más de distribución de agua, en comparación con aquellos comités que no realizan rendición de cuentas. La interpretación del coeficiente de MCO es similar al del modelo lineal generalizado (MLG). Para el modelo Tobit, la interpretación de los coeficientes indica que aquellos comités que realizan rendición de cuenta a la comunidad, aumentará las horas de distribución de agua en 2.39 horas. Para el modelo Poisson indica que en promedio hay 2.24 horas de distribución de agua más, en aquellos sistemas en que los comités de agua realizan mecanismos de rendición de cuenta en comparación con aquellos que no.

La variable de rendición de cuentas ha sido identificada como un predictor importante sobre la distribución de agua, a través del cual se refleja la buena gestión financiera y de inversión del comité, esto puede relacionarse a que a través de este mecanismo se detallan hacia las comunidades, las acciones emprendidas para cumplir con los objetivos propuestos en los sistemas de abastecimiento de agua (Madrigal, 2009). Estos sistemas son manejados por miembros de la comunidad, y bajo su administración se llevan a cabo actividades financieras y operativas, independientemente de la institución encargada de la distribución y suministro de agua en el gobierno central, por lo tanto, la rendición de cuenta es directa con la comunidad y no con instituciones gubernamentales.

De igual forma se conoce que el realizar mecanismos de rendición de cuentas influye de forma positiva sobre la participación de los miembros de la comunidad, asociado con una mayor participación en la toma de decisiones, a fin de solventar las necesidades en cuanto a la disponibilidad y la calidad del agua (Madrigal *et al.* 2011). Algo similar fue encontrado por parte Thorsten (2007), indicando que el brindar información a la población sobre como invertían los fondos fue significativo para generar una confianza por parte de la comunidad sobre la gestión administrativa del comité. Por su parte, Sara y Katz (1998), encontraron que los comités de agua que cuentan con un registro de ingresos y gastos favorecen la disponibilidad a pagar por parte de los usuarios, contribuyendo de esta forma al desempeño financiero del comité.

Otras variables analizadas fueron la disponibilidad de fondos y atención al sistema, las cuales presentaron significancia positiva sobre las horas de distribución de agua. Esto puede asociarse a que los comités de agua que disponen de fondos monetarios pueden solventar las necesidades de atención al sistema que incluye el realizar mantenimiento preventivo y correctivo. Lo anterior, ha sido determinado por Foster *et al.* (2013) y Cronk y Bartram (2017), quienes encontraron que el disponer de fondos solventa los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua y mejora la continuidad del servicio ofrecido a la comunidad.

De aquellos comités de agua que realizan atención al sistema de forma oportuna o correctiva, representado principalmente en el mantenimiento y la rehabilitación del sistema en la fase operativa, se asoció con una disponibilidad del servicio de agua las 24 horas (Cronk y Bartram, 2018). En esta misma investigación, en la cual se analizó la situación de Honduras, Nicaragua y Panamá, particularmente, en el caso de Panamá, se determinó que los sistemas de abastecimiento de agua que mantenían fondos disponibles tenían más probabilidad de proporcionar un servicio de agua las 24 horas del día.

Cabe resaltar que esta característica institucional depende de la disponibilidad de fondos monetarios de los comités. A través de los cuales se permite cubrir los costos administrativos y operacionales, permitiendo de una u otra forma la realización de actividades de mantenimiento.

En muchas ocasiones, la disponibilidad de fondos está asociado a la recaudación por parte de las tarifas mensuales establecidas y el realizar una adecuada facturación de sus ingresos. Ante esta situación es importante resaltar que, en Panamá, los comités de agua manejados por la comunidad presentan una cuota de servicio muy baja, que apenas puede cubrir los costos de operación.

Por su parte, la variable facturación mensual, no fue consistente dentro de los modelos utilizados como indicador en la continuidad del servicio de agua. Esto puede relacionarse a que la variable explicativa establece el monto promedio de los últimos 12 meses, y no proporciona información sobre el desempeño del mecanismo de cobro utilizado por el servicio ofrecido y la gestión administrativa de los comités. Cabe resaltar que a través de la facturación mensual se reflejan los ingresos del comité por el servicio ofrecido de agua, determinando la salud financiera de los comités, la cual puede presentar riesgos al recaudar muy poco dinero por un servicio de agua mejorada, siendo imposible recuperar los costos para la operación y mantenimiento del sistema (Whittington *et al.* 2009).

Relacionado con la facturación mensual, que proviene de la recaudación de dinero a través de una tarifa mensual, Cronk y Bartram (2018) determinaron que los sistemas de abastecimiento

de agua tenían más probabilidad de funcionamiento cuando las personas beneficiadas pagaban por el servicio, en comparación con aquellas que no.

Por otro lado, las variables de la aplicación del reglamento de la prestación del servicio del comité de agua así como el estado legal del mismo, no fueron significativos. Esto puede deberse a que el desempeño de los comités de agua no está relacionado con la aplicación efectiva de reglas directamente sobre la administración de los sistemas de abastecimiento de agua, sin embargo si tienen cierta relevancia, si se crean reglas de buenas prácticas operativas sobre las externalidades que afectan directamente el abastecimiento de agua en cuanto a calidad y cantidad (Madrigal *et al.* 2011). La variable del estado legal correspondiente a las variables organizacionales, nos indica si el sistema de abastecimiento está legalizado o no ante la autoridad competente, no se asoció, de forma positiva, sobre las horas de distribución de agua y no es significativa para el análisis realizado, ya que muchas veces estos trámites son indiferentes del funcionamiento de los sistemas.

Otra de las variables analizadas en el contexto organizacional fue la variable de apoyo técnico, la cual tiene una significancia negativa sobre las horas de distribución de agua, esto puede ser asociado a que el apoyo técnico está encaminado principalmente para aquellos comités de agua que presentan discontinuidad del servicio, averías en sus infraestructuras, motivo por el cual requieren asistencia técnica, a través del cual puedan mejorar la continuidad del servicio de agua.

El apoyo o asistencia técnica externa, ha sido identificado como un determinante que favorece el suministro de agua potable. Prokopy *et al.* (2018) demostraron, que el apoyo técnico post-construcción de los sistemas de agua potable beneficia aquellos sistemas que cuentan con servicio de agua intermitente, una cobertura limitada y con una alta frecuencia de averías en sus estructuras, lo cual garantizaría un buen desempeño del sistema en sí. Concordando con lo expuesto por Cronk y Bartram (2018), en que la falta de disponibilidad de apoyo técnico externo es uno de los principales impulsores de la discontinuidad del servicio de agua.

Un caso similar fue reportado por Kayser *et al.* (2014), estableciendo que el apoyo post-construcción, se asocia de forma significativa con un desempeño financiero y operativo de los comités, así como de una mejor calidad del agua. A su vez, consideran que este apoyo puede ser reflejado en asistencia técnica, asistencia financiera y operativa, así como en capacitaciones y adiestramiento a los miembros del comité sobre el manejo financiero, entre otros.

La variable de número de mujeres en el comité de agua no presentó significancia en los modelos utilizados, por lo cual no fue asociada con el incremento en las horas de distribución de agua potable en este estudio. La variable utilizada para el análisis solo considera el número de mujeres existentes en los comités de agua, por lo cual el análisis de la correlación realizado es muy superficial, y no puede dar una perspectiva del involucramiento de las mujeres en la toma de decisiones, así como determinar el efecto sobre el servicio ofrecido hacia la comunidad. Sin embargo, la literatura nos indica la importancia del involucramiento de las mujeres como principales usuarios del recurso en el hogar, y la mayor participación de estas en los comités de agua ayudaría a solventar problemas de calidad y protección del recurso.

En estudio realizado por Gutiérrez *et al.* (2013), se determinó que la participación de las mujeres en los comités de agua se ha desempeñado, principalmente, en ocupar puestos como secretaria, tesorera o vocal. A su vez, se ha evidenciado un impacto positivo en los sistemas de

abastecimiento de agua, para aquellos comités que consideran la participación de la mujer como principal usuario en el hogar, desarrollando actividades que conlleven el suministro de agua, la eliminación de desechos y otros beneficios obtenidos de las instalaciones, por lo cual se motivan en mejorar el servicio de abastecimiento de agua (Read y Kudat, 1992; Van Wijk-Sibesma, 1998). Por su parte, Kevany y Huisingh (2013), destacan la importancia de la reinserción de las mujeres como individuos y como colectividades, puesto que ellas y los niños son los más vulnerables ante la escasez de agua.

Sin embargo, Prokopy (2004) considera que existe una mayor participación del género masculino en la toma de decisiones y mejoras relacionadas con aspectos técnicos e instalación de infraestructura en los sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales. Concordando con lo indicado por Ayala *et al.* (2020), en el cual los puestos técnicos y operativos en los sistemas de abastecimiento de agua gestionados por la comunidad, se encuentran cubiertos por el género masculino.

En un análisis sobre género y agua, realizado por COSUDE (2005), detallan que el rol del hombre en las intervenciones de agua está relacionado con la toma de decisiones y la mujer es la encargada de la recolección del agua, además se evidencia que los hombres realizan el control de presupuestos y planificación en programas de servicios de agua.

La variable del estado de la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable analizada presentó consistencia en los modelos analizados con significancia del 1%, teniendo un impacto positivo sobre las horas de distribución de agua. Este resultado se asimila al obtenido por Cronk y Bartram (2018), quienes identificaron que el buen estado de la infraestructura se asocia con la disponibilidad de servicio las 24 horas. Un sistema de abastecimiento está conformado por la infraestructura de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución hacia las viviendas beneficiadas, estas infraestructuras se manejan conjuntamente y están vinculadas con la continuidad del servicio. Muchas veces se garantiza un buen estado de la infraestructura a través de las mejoras y mantenimientos realizados al sistema (Madrigal *et al.* 2011), lo cual favorece el incremento de las horas de servicio de distribución de agua, así como el funcionamiento general del sistema.

Un caso similar fue reportado por Hayser *et al.* (2014), en el cual encontraron que como parte del apoyo post – construcción se contemplan elementos como la asistencia técnica, la asistencia financiera, la operativa y la protección del suministro de agua. Y a través de esta asistencia se mejora el estado de las infraestructuras de agua, solventando los problemas de distribución intermitente, reemplazando las infraestructuras deterioradas, asegurándose de esta forma un buen estado del sistema.

Características ambientales y climáticas

La variable de precipitación mostró significancia en los modelos analizados, presentando un efecto positivo sobre las horas de distribución de agua potable. Esta variable se asocia con la disponibilidad de agua a través de la recarga hídrica, considerado en muchas investigaciones como un predictor en la recarga hídrica (Taylor et al 2015; Harris et al 2014; Mohan et al 2018).

Por su parte, Harris *et al.* (2014), encontraron que existen diferencias en la disponibilidad de agua en aquellas regiones áridas en comparación con las regiones de climas húmedos, concordando con lo determinado por Mohan *et al.* (2018), en que la mayor recarga de agua se identificó en regiones con precipitaciones superiores a los 4,000 mm anual. En este sentido, autores como Asoka *et al.* (2017), han determinado que los cambios en las precipitaciones influyen en la recarga hídrica, considerando que aquellas áreas que presenta poca precipitación presentan bajos niveles de agua subterránea.

En el presente estudio, el 54.42% de los sistemas de agua analizados se abastecen de agua subterránea; considerando que Panamá se ubica en una región con precipitaciones medias anuales superior a los 2,500 mm llegando hasta 4,500 mm anuales, se asocia el aumento de las horas de distribución de agua, a la disponibilidad de agua subterránea por las características pluviométricas de Panamá, representado por temporada lluviosa desde el mes de mayo hasta diciembre. Cabe resaltar que Panamá presenta una región denominada Arco Seco, que registra períodos de sequía hasta por siete meses al año registrándose una precipitación media anual de 1,500 mm (Pascual, 2017). Como un análisis complementario se determinó la precipitación media anual de la Provincia de Los Santos (provincia del Arco Seco), la cual fue de 1,824 mm en comparación a los 2,499 mm de Chiriquí.

Por su parte, la variable de temperatura media anual no fue significativa en el análisis. Un resultado similar fue el obtenido por Harris *et al.* (2014), indicando que la temperatura no fue un predictor como factor climático en la recarga de agua subterránea, cabe resaltar que la temperatura máxima registrada en la base de datos fue de 27°C con una media de 24°C. De igual forma, la variable de pendiente del terreno analizada, no fue significativa.

Otra de las variables analizadas fue el porcentaje de cobertura boscosa a nivel de cuenca hidrográfica, que solo presentó significancia para un modelo de regresión analizado. Esto puede relacionarse a que la cobertura boscosa ha sido analizada en la literatura desde la perspectiva de demandante de agua como la de oferente, destacando por una parte que tiene un efecto positivo sobre el agua subterránea a través de la infiltración de este en el suelo (oferente), y por otro lado, contribuye a la pérdida de agua por evapotranspiración a través de la intercepción de agua en las copas de los árboles (Ellisson *et al.* 2011; Paul, 2006; Krishnaswamy *et al.* 2013). Cabe resaltar que en el presente estudio no se consideraron variables como el tipo de bosque, tipo de suelo, distribución espacial del bosque en la cuenca, y uso del suelo que pudieran brindar una perspectiva más amplia sobre su efecto en la recarga hídrica..

El análisis de la disponibilidad de agua relacionada con la cobertura boscosa, se da desde una perspectiva espacial, argumentando que a menor escala la cobertura boscosa cumple con la función de reducción de escorrentía superficial, lo cual contribuye a la recarga hídrica, y a mayor escala la cobertura boscosa contribuye con un incremento de la precipitación a través de su contribución en la intensidad del ciclo hidrológico (Ellison *et al.* 2011).

Los argumentos antes descritos pueden asociarse a la variable de cobertura boscosa a nivel de cuenca hidrográfica, la cual no presentó consistencia con los modelos analizados, sin embargo, los efectos identificados fueron positivos en el caso de cuencas con mayor cobertura boscosa; esto concuerda con los resultados obtenidos por Caballero *et al.* (2012) donde en cuencas con mayor porcentaje de cobertura boscosa existió un mayor rendimiento de producción de agua, considerándose como áreas de producción de agua y sistemas de almacenamiento de agua subterránea.

Otro argumento estudiado es la relación de la cobertura boscosa y la recarga de agua subterránea es el efecto esponja, ya que se considera la cobertura boscosa como la cubierta terrestre más estable que favorece la recarga hídrica (Krishnaswamy et al 2013).

4. Conclusión

Se ha constatado, según la literatura, que los sistemas de abastecimiento de agua potable manejados por la comunidad, con frecuencia no pueden asegurar una buena calidad del agua que sea microbiológicamente segura (y cumpla con los parámetros fisicoquímicos y organolépticos), que los sistemas sean sostenibles en el tiempo así como contar con una gestión financiera adecuada; sin embargo al brindar a los comités de agua asesoramiento técnico y financiero, así como asistencia técnica y operativa a los sistemas de abastecimiento de agua potable, se garantiza la mejora del funcionamiento de los sistemas, favoreciendo el suministro hacia las comunidades beneficiadas.

Con base en el marco de los sistemas socioecológicos, se determinó que los elementos principales de este marco, como los sistemas de recursos, sistema de gobernanza, la unidad de los recursos y los usuarios, presentan características que influyen en las horas de distribución de agua, en las comunidades analizadas. Dentro de las características estudiadas en el contexto institucional, las variables que presentaron un efecto positivo sobre la variable respuesta fueron la disponibilidad de fondos, la rendición de cuenta, facturación mensual, atención al sistema, y el estado de la infraestructura. Mientras que la variable de apoyo técnico presentó un efecto negativo sobre la variable respuesta.

Las variables institucionales analizadas reflejan la buena gestión de los comités de agua que favorecen la disponibilidad de agua hacia las comunidades, considerando la participación activa de la comunidad en la gestión y toma de decisiones, a fin de garantizar el funcionamiento de los sistemas. Como es el caso de realizar actividades de mantenimiento y rehabilitación de las infraestructuras deterioradas, el buen manejo de los ingresos de los comités, que permite cubrir los costos de operación y mantenimiento, y que, a la vez, permita disponer de fondos para futuras reparaciones de infraestructuras y diversos componentes del sistema.

Estas actividades implican, en su mayoría, una buena coordinación y gestión por parte del comité de agua y la comunidad, y en ocasiones, con el apoyo externo de entidades gubernamentales, ONG's, a través de proyectos que permitan el fortalecimiento de las capacidades técnicas y administrativas de los comités de agua. Como parte de los compromisos de los objetivos del desarrollo sostenible, en Panamá se desarrollan proyectos y programas encaminados en el aumento de la cobertura de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales e indígenas, uno de los principales objetivos que involucran estos programas es de brindar acceso de agua potable las 24 horas del día y eliminar las letrinas en hogares de la población rural e indígena.

En relación con las variables ambientales y climáticas analizadas, que presentaron un efecto positivo sobre la variable respuesta fue la variable de precipitación la cual presentó significancia en los modelos analizados. Por su parte, la variable de porcentaje de cobertura boscosa a nivel de cuenca presentó significancia en un modelo.

La precipitación juega un papel importante en la recarga hídrica, considerando que a través de este se garantiza el sostenimiento del recurso y la disponibilidad para los diversos usos extractivos. Panamá presenta diferentes características pluviométricas, normalmente, durante la temporada lluviosa la precipitación media es superior a los 1,200 mm.

Los resultados indican que a mayor precipitación se asocia con un incremento en las horas de distribución de agua, relacionado con la disponibilidad de agua subterránea para las actividades extractivas del sistema de abastecimiento de agua. Por su parte, las cuencas con mayor porcentaje de cobertura boscosa presentan más horas de distribución de agua. Si bien la cobertura boscosa potencia la recarga hídrica a través de la infiltración en el suelo, la literatura contempla un posible efecto negativo en la recarga hídrica, a través de los procesos de evapotranspiración. En este aspecto, no se realizó un análisis a profundidad de variables, como, por ejemplo, el tipo de suelo, lo cual se recomienda en futuras investigaciones para tener una mayor comprensión de este efecto.

Por lo antes expuesto es recomendable ampliar el tema de investigación, incluyendo variables que han sido identificadas en la literatura como predictores de la recarga de agua, como la evapotranspiración potencial, el tipo de cobertura y uso de suelo, entre otros. Así como considerar variables que permitan determinar la influencia de las mujeres en la eficacia de los sistemas, identificar las formas de apoyo técnico que reciben los sistemas de abastecimiento de agua potable, el nivel de participación de la comunidad en las asambleas y juntas de los comités, entre otras variables que puedan dar una mayor perspectiva de las características institucionales de los comités de agua.

Cabe resaltar que en esta investigación no se realizó un análisis de otras variables que han sido identificadas como factores que influyen en la funcionabilidad del sistema de agua, como la edad del sistema, el tipo de sistema (bombeo, manual, por gravedad, otros), el nivel socioeconómico de la comunidad beneficiada, entre otras que pudieran ser analizadas en el contexto de la funcionalidad y horas de distribución de agua. Tampoco se analizaron los usos extractivos del agua, el nivel del agua subterránea y otras características ambientales como el tipo de cobertura boscosa y uso del suelo, que podrían influir en la disponibilidad de agua.

Dentro de las limitaciones existentes en las características institucionales se puede indicar la limitante de la variable utilizada como capital humano, para efectos de una mayor profundización se debiera emplear variables que contengan información del involucramiento de la mujer dentro de los comités de agua, así como en la toma de decisiones para favorecer el buen funcionamiento del sistema.

Por último, la presente investigación describe las correlaciones que existen entre las variables institucionales de los comités de agua, y las variables ambientales y climáticas sobre la variable respuesta de horas de distribución de agua hacia las comunidades analizadas. Los resultados son con base en asociaciones de las variables analizadas y su efecto sobre la variable respuesta, por lo cual no es una inferencia por causalidad, simplemente asociaciones de variables. Sin embargo, las variables que resultaron tener un mayor efecto sobre la variable respuesta marcan la pauta para profundizar en análisis causales más específicos en futuras investigaciones.

5. Referencias

- Aguirre, F. 2015. Abastecimiento de Agua potable para comunidades rurales (en línea). Ecuador. 149 p. consultado 9 de noviembre 2020. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6873/1/98%20ABASTECIMIENTO%20DE%20AGUA%20PARA%20COMUNIDADES%20RURALES.pdf>
- Anderies, J; Janssen, M; Ostrom, E. 2004. A Framework to the Robustness of Social-Ecological Systems from an Institutional Perspective. *Ecology and Society*. 9 (1):18. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18/>
- Asoka, A.; Gleeson, T.; Wada, Y.; Mishra, V. (2017). Relative contributions of monsoon precipitation and pumping to change in groundwater storage in India. *Nature Geoscience*. DOI: 10.1038/NGEO02869
- Ayala, M; Bogado, E; Cañiza, M. 2020. Género y Agua. La experiencia de la inclusión del enfoque de género en los proyectos de agua potable y saneamiento en Paraguay. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Sanemiento. Disponible en: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/G%C3%A9nero_y_agua_La_experiencia_de_la_inclusi%C3%B3n_del_enfoque_de_g%C3%A9nero_en_los_proyectos_de_agua_potable_y_saneamiento_en_Paraguay.pdf
- Bartram J, Cairncross S. 2010 Hygiene, Sanitation, and Water: Forgotten Foundations of Health. *PLoS Med* 7(11): e1000367. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000367>
- Caballero, L. A; Rimmer, A; Easton, Z. M; Steenhuis, T. S. 2012. Rainfall Runoff Relationships for a Cloud Forest Watershed in Central America: Implications for Water Resource Engineering1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 48(5), 1022–1031. doi:10.1111/j.1752-1688.2012.00668.x
- Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica. 2016. Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: Agua para Todos (en línea). Panamá, República de Panamá. 168 p. Consultado 9 de septiembre 2020. Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/biblioteca-virtual/>
- Cronk, R; Bartram, J. 2018. Identifying opportunities to improve piped water continuity and water system monitoring in Honduras, Nicaragua and Panama: Evidence from Bayesian networks and regression analysis. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1–10. doi:10.1016/j.jclepro.2018.06.017
- COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). 2005. Género y Agua. Integración de género en las intervenciones de agua, higiene y saneamiento. Disponible en: https://www.eda.admin.ch/dam/deza/es/documents/themen/gender/63846-gender-wasser_ES.pdf
- Delgado, V. 2003. Ground Flow System and Water Quality in a Coastal Plain Aquifer in Northwestern Nicaragua. Msc Thesis. University of Calgary. Canada
- Ellison, D; N. Futter, M; Bishop, K. (2011). On the forest cover-water yield debate: from demand-to supply-side thinking. *Global Change Biology*, 18(3), 806–820. doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x

- Folke, C; Hahn, T; Olsson, P; Norberg, J. (2005). ADAPTIVE GOVERNANCE OF SOCIAL-ECOLOGICAL SYSTEMS. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 441–473. doi:10.1146/annurev.energy.30.050504.144511
- Foster, T. 2013. Predictors of Sustainability for Community-Managed Handpumps in Sub-Saharan Africa: Evidence from Liberia, Sierra Leone, and Uganda. *Environmental Science & Technology*, 47(21), 12037–12046. doi:10.1021/es402086n Gutiérrez, et al. 2013
- Gutiérrez, V.; Nazar, A.; Zapata, E.; Contreras, J.; Salvatierra, B. 2013. Género y participación de las mujeres en la gestión del agua en las subcuencas Río Sabinal y Cañón del Sumidero, Berriozábal, Chiapas. *La Ventana*. 38:246-276.
- Hall, J.; Kirn, V.; Yanguas, E. (2015). *Managing Watersheds for Ecosystem Services in the Steepland Neotropics*. Smithsonian Tropical Research Institute.
- Harris, I.; Osborn, T.; Lister, D. (2014) Updated high-resolution grids of monthly climatic observations-the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal Of Climatology*. 34, 623-642.
- Hernández, R.; Martínez, L.; Peñuela, L.; Rivera, S. (2020). Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la cuenca del Río Ayuquila-Armería mediante el uso de SIG y el análisis Multicriterio. <https://doi.org/10.14350/rig.59892>
- Kayser, G.; Moonmaw, W.; Orellana, J.; Griffiths, J. (2014). Circuit Rider Post-construction support: Improvements in domestic water quality and system sustainability en El Salvador. *Journal of water, sanitation and Hygiene for Development*. doi: 10.2166/washdev.2014.136
- Kevany, K; Huisingh, D. 2013. A review of progress in empowerment of women in rural water management decision-making processes. *Journal of Cleaner Production*, 60, 53–64. doi:10.1016/j.jclepro.2013.03.041
- Kim, J. H; Jackson, R. B. 2012. A Global Analysis of Groundwater Recharge for Vegetation, Climate, and Soils. *Vadose Zone Journal*, 11(1), 0. doi:10.2136/vzj2011.0021ra Madrigal et al. 2011
- Madrigal, R. 2009. Rendición de Cuentas y participación comunitaria en la provisión de agua potable (en línea). *EfD*. Central America; 19 de octubre. Consultado 17 de septiembre 2020. Disponible en: <https://efdinitiative.org/publicaciones/rendicion-de-cuentas-y-participacion-comunitaria-en-la-provision-de-agua-potable>
- Madrigal, R.; Alpizar, F.; Schlüter, A. 2011. Determinants of performance of community-Based Drinking Water Organizations. 39(9): 1663-1675. doi:10.1016/j.worlddev.2011.02.011
- Meinzen-Dick, R. 2007. Beyond panaceas in water institutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(39), 15200–15205. doi:10.1073/pnas.0702296104
- MINSA (Ministerio de Salud). 2013. MAPAS Monitoreo de los Avances del País en Agua Potable y Saneamiento. Programa de Agua y Saneamiento de del Banco Mundial.
- Mohan, C.; Western, A.; Wei, Y.; Saft, M. 2018. Predicting groundwater recharge for varying land cover and climate conditions – a global meta – study. *Hydrology and Earth System Sciences*. 22, 2689–2703. <https://doi.org/10.5194/hess-22-2689-2018>

- Mohan, C.; Western, A.; Wei, Y.; Saft, M. 2018. Predicting groundwater recharge for varying land cover and climate conditions – a global meta – study. *Hydrology and Earth System Sciences*. 22, 2689–2703. <https://doi.org/10.5194/hess-22-2689-2018>
- Ostrom, E. 2007. A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(39), 15181–15187. doi:10.1073/pnas.0702288104
- Ogden, F.; Crouch, T.; Stallard, R.; Hall, J. 2013. Effect of land cover and use on dry season river runoff, runoff efficiency, and peak storm runoff in the seasonal tropics of Central Panama. *Water Resources Research*. 49:8443-8462. DOI: 10.1002/2013WR013956,2013
- Pascual, A. 2017. Ciudades del Arco Seco en Panamá abordan el Cambio Climático y la resiliencia. Disponible en: <https://eird.org/americas/noticias/ciudades-del-arco-seco-en-panama-abordan-el-cambio-climatico-y-la-resiliencia.html#.YSG4nY5KjDe>
- Paul, M. J. (2006). Impact of land-use patterns on distributed groundwater recharge and discharge. *Chinese Geographical Science*, 16(3), 229–235. doi:10.1007/s11769-006-0229-5
- Prokopy, L. 2004. Women’s participation in rural water supply projects in India: is it moving beyond tokenism and does it matter? *Water Policy* 6, 103-116.
- Prokopy, L.; Thorsten, R.; Bakaliam, A.; Wakeman, W. 2008. Evaluating the Role of Postconstruction Support in Sustaining Drinking Water Projects. *Journal of Planning Education and Research* 27:294-305. DOI: 10.1177/0739456X07311072
- Regmi, S; Fawcett, B. 2001. Men’s roles, gender relations, and sustainability in water supplies: some lessons from Nepal. In: Sweetman, C. (Ed.), *Men’s Involvement in Gender and Development Policy and Practice*. Oxfam Working Papers, Oxfam, UK. Disponible en [http://serresconseil.com/WASH/Watsanmissionassistant/mainSpace/files/Nepal%20Gender%20-%20Lessons%20Learnt%20\(Ben%20Fawcett%20-%20OXFAM\).pdf](http://serresconseil.com/WASH/Watsanmissionassistant/mainSpace/files/Nepal%20Gender%20-%20Lessons%20Learnt%20(Ben%20Fawcett%20-%20OXFAM).pdf)
- Rodriguez, A.; Weis, L. 2016. The “Rural Water Supply and Sanitation Information System” (SIASAR)—Addressing Sustainability Gaps Through Visual Data in Latin America.
- Sara, J; Katz, T. (1998). *Making Rural Water Supply Sustainable: Report on the Impact of Project Rules*. Washington, United States of America. 87p. Disponible en https://www.wsp.org/sites/wsp/files/publications/global_ruralreport.pdf
- Schleich, J; Hillenbrand, T. 2009. Determinants of residential water demand in Germany. *Ecological Economics*. 69 (6): 1756-1769. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.11.012>
- SIASAR (Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural). 2016. Reglamento del Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural. Consultado 11 de septiembre 2020. Disponible en: <http://globalsiasar.org/es/content/documentacion-formal>
- Taylor, R.; Tood, R.; Kongola, L.; Maurice, L.; Nahozya, E.; Sanga, O.; MacDonald, A. (2012). Evidence of the dependence of groundwater resources on extreme rainfall in East Africa. *Nature Climate Change*. Vol. 3. 374-378.

- Thorststen, R. (2007). Predicting Sustainable Performance and Household Satisfaction of Community-Oriented Rural Water Supply Projects. A Quantitative Evaluation of Evidence from Ghana and Peru.
- Van Wijk-Sijbesma, C. (1998). Gender in water resources management, water supply and sanitation. Roles and realities revisited. Delft, the Netherlands: IRC International Water and Sanitation Centre.
- Van Wijk-Sijbesma, C. (2001). The best of two worlds? Methodology for participatory assessment of community water services. Delft, The Netherlands: IRC International Water and Sanitation Centre.
- Whittemore, D.; Butler, J.; Wilson, B. (2016). Assessing the major drivers of water-level declines: new insights into the future of heavily stressed aquifers, *Hydrological Sciences Journal*, 61:1, 134-145, DOI: 10.1080/02626667.2014.959958
- Whittington, D.; Davis, J.; Prokopy, L.; Komives, K.; Thorsten, R.; Lukacs, H.; Bakalian, A.; Wakeman, W. 2009. How well is the demand-driven, community management model for rural water supply systems doing? Evidence from Bolivia, Peru and Ghana. *Water Policy* 11: 696-718. DOI: 10.2166/wp.2009.310
- WHO (World Health Organization). 2017. Safely managed drinking water – thematic report on drinking water. Geneva, Switzerland.
- Wooldridge, J. (2009). Introducción a la econometría. Un enfoque Moderno 4ª. Edición. Michigan State University.
- Yeh, H.; Lee, C.; Hsu, K.; Chang P. (2009). GIS for the assessment of the groundwater recharge potential zone. *Environmental Geology*, 58(1), 185-195.

6. Anexos

Anexo 1. Variables de primer y segundo nivel para el análisis de las organizaciones comunitarias de agua potable.

(S) Entornos sociales, económicos y políticos	
S1: Desarrollo económico S2: Tendencias demográficas S3: Políticas de agua del gobierno	
(RS) Sistema de Recursos	(GS) Sistema de gobernanza
RS1: Claridad de los límites del sistema RS2: Características de la infraestructura RS3: Ubicación RS4: Escasez, suministro relativo de agua (existencias) RS5: Tipo de fuente de agua RS6: Características de la cuenca	GS1: Tipo de organización GS2: Rendición de cuentas GS3: Sistema de derechos de propiedad GS4: Normas operativas GS5: Reglas de elección colectiva GS6: Normas constitucionales
(RU) Unidades de recursos	(U) Usuarios
RU1: Tasa de crecimiento o reposición de agua RU2: Distribución espacial y temporal del agua	U1: Número de beneficiarios U2: Atributos Socioeconómicos U3: Historia de uso U4: Capital Humano U5: Capital social U6: Relevancia
(I) Interacción	(O) Resultados
I1: Problemas de motivación I2: Enfoque impulsado por la demanda	O1: Estado de la infraestructura O2: Satisfacción del consumidor O3: Salud financiera
(ECO) Ecosistemas relacionados	
ECO1: Patrones de contaminación ECO2: Flujo dentro y fuera del SES	

Fuente: Madrigal *et al* (2011), adaptado de Ostrom (2007) y Meinzen-Dick (2007).

Anexo 2. Resultados de la estadística descriptiva analizadas

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA							
Variable Utilizada:			Tipo de captación				
Variables	Captación subterránea		Otro tipo de captación		PRUEBA T	TOTAL	
	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Diferencia	Media	Desv. estándar
Horas de distribución de agua	16.69	8.2568	20.79	7.1113	4.009***	18.55	8.0136
Para la variable de horas de distribución con sistema de captación de agua subterránea la media estimada es de 16.69 horas con una desviación estándar de 8.2568, mientras que las horas de distribución de agua con sistemas de captación de otro tipo (ríos, quebradas, etc.), la media en horas de distribución fue de 20.79 con una desviación estándar de 7.113. Se determinó la existencia de diferencias significativas entre las medias de las horas de distribución de agua de las comunidades, cuyos sistemas de abastecimiento de agua realizan captación de agua mediante fuentes subterráneas, y las que se abastecen de otras fuentes.							
Variable Utilizada:			N° de mujeres en la junta				
Variables	Tienen mujeres en el comité		No tienen mujeres en el comité		PRUEBA T	TOTAL	Captación subterránea
	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Diferencia	Media	Desv. estándar
Estado de la Infraestructura	0.67	0.4684	0.82	0.383	0.1420***	0.79	0.4025
Existen diferencias significativas en la variable de estado de la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua, para aquellas comunidades cuyos comités de agua tienen mujeres en comparación con aquellos que no tienen mujeres en el comité.							
Variables	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Diferencia	Media	Desv. estándar
Horas de distribución	19.95	7.4214	19.06	7.9342	-0.8834 n.s.	19.22	7.8501
Se determinó que no existen diferencias significativas en la variable de horas de distribución, para aquellas comunidades cuyos comités de agua tienen miembros mujeres en comparación con aquellos que no tienen mujeres como miembros del comité.							
Variables	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Diferencia	Media	Desv. estándar
Atención al sistema	0.83	0.3729	0.86	0.3372	0.0347 n.s.	0.86	0.3438
Se determinó que no existen diferencias significativas en la variable de atención al sistema, para aquellas comunidades cuyos comités de agua tienen miembros mujeres en comparación con aquellos que no tienen mujeres como miembros del comité.							
Variable Utilizada:			Fondos disponibles				
Variables	Sin fondos		Con fondos		PRUEBA T	TOTAL	Captación subterránea
	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Diferencia	Media	Desv. estándar
Atención al sistema	0.55	0.499	0.93	0.2508	-0.3787***	0.86	0.3438
Los comités de agua que mantienen fondos monetarios presentaron diferencias significativas sobre la variable de atención al sistema, en comparación con aquellos comités que no mantienen fondos monetarios.							
Variables	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Diferencia	Media	Desv. estándar
Estado de la infraestructura	0.59	0.4934	0.84	0.3629	-0.2529***	0.79	0.4025

Se determinó que existen diferencias significativas en la variable de estado de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua, para aquellas comunidades cuyos comités de agua tienen fondos en comparación con aquellos comités de agua que no mantenían fondos monetarios.

Variable Utilizada:			Horas de distribución de agua (Dummy)				
Variables	Menos de 24 horas de servicio		24 horas de servicio		PRUEBA T	TOTAL	Captación subterránea
	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Diferencia	Media	Desv. estándar
Estado de la infraestructura	0.75	0.4326	0.82	0.3769	-0.0767**	0.8	0.3964

Se determinó la existencia de diferencias significativas en las horas de distribución de agua (menos de 24 horas y 24 horas de servicio, en aquellas comunidades cuyas infraestructuras de los sistemas de abastecimiento de agua potable mantenían un buen estado, en comparación con aquellos sistemas que tenían mal estado de las infraestructuras.

Nota: * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Anexo 3. Matriz de correlación de las variables analizadas

	Distribución de horas	Rendición de cuentas	Facturación mensual	Fondos disponibles	Atención al sistema	Reglamento Junta	Estado legal	Apoyo técnico	Cuenta bancaria	Número de mujeres	Estado de la infraestructura	Temperatura	Precipitación	Pendiente	Porcentaje de Cobertura
Distribución de horas	1.0000														
Rendición de cuentas	0.1925	1.0000													
Facturación mensual	-0.0187	0.1569	1.0000												
Fondos disponibles	0.1981	0.4023	0.1158	1.0000											
Atención al sistema	0.1929	0.4219	0.1619	0.4094	1.0000										
Reglamento Junta	0.0732	0.4650	0.2629	0.2848	0.3155	1.0000									
Estado legal	0.0425	0.2816	0.1554	0.3118	0.2653	0.2596	1.0000								
Apoyo técnico	-0.0618	0.2370	0.3012	0.0569	0.1636	0.2702	0.1582	1.0000							
Cuenta bancaria	0.0475	0.1366	0.3570	0.2876	0.1970	0.2018	0.2514	0.2788	1.0000						
Número de mujeres en la junta	0.0447	0.0514	-0.0773	0.0692	0.0179	-0.0653	0.0015	-0.1705	-0.1988	1.0000					
Estado de la infraestructura	0.1580	0.0049	0.0698	0.1106	0.0848	0.0362	0.0571	0.1455	0.2050	-0.2279	1.0000				
Temperatura	-0.0020	0.0148	0.1515	0.0198	0.0438	-0.0638	0.0466	0.1257	0.1427	0.1053	0.3740	1.0000			
Precipitación	0.1134	0.0698	-0.1327	-0.0934	-0.0149	-0.0388	-0.1256	-0.1027	-0.3035	0.1496	-0.2209	-0.2574	1.0000		
Pendiente	0.0465	0.0272	-0.1887	-0.0290	-0.0303	-0.0400	-0.1224	-0.0928	-0.2511	-0.0876	-0.0347	-0.3794	0.3561	1.0000	
Porcentaje de Cobertura	0.0801	0.065	-0.1059	-0.0876	-0.0202	-0.039	-0.0912	-0.0263	-0.2498	0.1900	-0.2278	0.1057	0.5759	0.3061	1.0000

Como se puede observar en la tabla de los coeficientes de correlación, la variable de horas de distribución de agua y rendición de cuenta tiene una relación positiva, la variable de facturación mensual tiene una relación negativa entre la variable de horas de distribución de agua y existe poca relación entre ambas variables o no están muy asociadas. La relación entre la variable de fondos disponibles y horas de distribución de agua es positiva, asimismo la relación de la variable de atención al sistema es positiva.

La variable de reglamento de la junta es positiva, pero se acerca a cero, por lo cual se indican que estas variables no están muy asociadas, o su relación es caso nula, este mismo patrón se puede observar en la relación del estado legal y la variable de horas de distribución de agua. Por su parte la variable de apoyo técnico, tiene una relación negativa, se puede indicar que no existe correlación lineal entre las variables.

La correlación de la variable de cuenca bancaria y horas de distribución de agua es positiva, sin embargo su relación es baja o casi nula, debido a que su valor se acerca a cero, lo mismo se puede evidenciar para la variable del número de mujeres en los comités de agua, indicando que no existe correlación entre estas variables analizadas.

La variable del estado de la infraestructura y las horas de distribución de agua, tienen una relación positiva, representándose un incremento en las horas de servicio, cuando el estado de los sistemas de abastecimiento, se encuentran en buen estado. Con relación a las variables ambientales y climáticas, la temperatura tiene un efecto negativo y se puede indicar que su valor es muy cercano a cero, por lo cual esta relación es nula. La variable de precipitación tiene una relación positiva, sobre las horas de distribución de agua, indicando que un aumento en la precipitación tienen un efecto positivo o incremento sobre las horas de distribución de agua.

Por su parte, la variable de pendiente del terreno tiene un efecto positivo sobre las horas de distribución de agua, sin embargo se acerca a cero, indicando la no asociación entre las variables analizadas, y por último la variable de porcentaje de cobertura boscosa presenta una relación positiva sobre las horas de distribución de agua, pero es una relación muy baja, con un aumento en el porcentaje de la cobertura boscosa, se tiende a aumentar las horas de distribución de agua.

Anexo 4. Mapa de ubicación de los puntos de análisis a nivel nacional

