

ADAPTÁNDOSE A LA ESCASEZ DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES DEL CORREDOR SECO CENTROAMERICANO: ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO PARA MEJORAR LA PROVISIÓN DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE MARAXCO, CHIQUIMULA, GUATEMALA

COPING WITH WATER SUPPLY SCARCITY IN RURAL COMMUNITIES IN THE DRY CENTRAL AMERICAN CORRIDOR: COST-BENEFIT ANALYSIS TO IMPROVE THE WATER SUPPLY IN THE MARAXCO COMMUNITY, CHIQUIMULA, GUATEMALA

Sagüí Gómez, Nestor¹; Madrigal Ballester, Roger¹; Estigarribia Canese, Silvia¹

Resumen

Esta investigación analizó un conjunto de hogares que experimentan escasez de agua para consumo doméstico en la comunidad Maraxco en Chiquimula, Guatemala. Históricamente, esta comunidad ha estado bajo condiciones de sequías prolongadas. Estas condiciones han contribuido sustancialmente a reducir la capacidad del sistema comunitario de agua de satisfacer las necesidades de esta comunidad. En esta investigación se identificó y estimó los costos económicos de las distintas medidas de adaptación (también llamadas defensivas) implementadas por los hogares ante la escasez de agua (p.ej. coleccionar agua de los ríos y quebradas, compra de agua con vendedores privados, e invertir en infraestructura de almacenamiento). También, se estimó el Beneficio Social Neto (BSN) de un nuevo sistema comunitario de agua entubada, el cual se supone que evitaría que los hogares realicen las acciones defensivas ya mencionadas. Para estimar este BSN se usaron dos métodos de valoración económica: el método de costos evitados, y el método de valoración contingente. Los resultados indican que los hogares enfrentan la ineficiencia del actual sistema comunitario de agua mediante tres grupos de medidas de adaptación: 1) colecta y acarreo de agua, 2) compra de agua, y 3) almacenamiento de agua. En promedio, todas las medidas de adaptación imputan a cada hogar costos mensuales de 15.14 US\$ (115.20 quetzales), distribuidos en: costos por colecta y acarreo 5.15 US\$ (39.19 quetzales) mensuales, costos por almacenamiento 0.96 US\$ (7.29 quetzales) mensuales, y costos por compra de agua 9.03 US\$ (68.69 quetzales) mensuales. Dentro de los costos de colecta y acarreo, el tiempo invertido representa el 34.03% de dichos costos. Respecto a la implementación de un nuevo sistema de provisión de agua entubada, se estableció que la disposición a pagar es de 21.23 US\$ al mes por hogar. Por su parte la construcción de un nuevo sistema comunitario de agua entubada sería rentable y proporcionaría ganancias sociales con ambos métodos de valoración económica utilizados. En un horizonte de 30 años, flujos de caja constantes y tasas de descuento de 8, 10 y 12 %, el VAN fue superior a 0 en todos los casos, con lo que el nuevo sistema comunitario superó exitosamente la prueba de costo-beneficio. Finalmente, los hallazgos de esta investigación proveen elementos importantes para guiar la aplicación de políticas públicas en el sector de agua para consumo doméstico, y para promover inversiones que permitan mejorar los sistemas de suministro comunitarios de agua. Si dichos sistemas son fortalecidos, esencialmente se mejorará la capacidad de adaptación de las comunidades rurales ante eventos de sequía (es decir, mejor capacidad de suministro de agua para hacer frente a la escasez) y, por ende, se incrementará su bienestar.

Palabras clave: medidas de adaptación, agua de consumo doméstico, sequías, cambio climático, beneficio social neto.

Abstract

In this paper, we analyzed a group of household experiencing drinking water scarcity in the Maraxco community of Chiquimula in Guatemala. Historically, this community has been under severe drought periods contributing greatly to failures in the water community system to meet this community needs. We identified and estimated the economic costs of implementing different adaptation activities (also named coping behaviors) against water scarcity at the household level (e.g. collecting water from rivers and streams, buying water from private sellers, and investing in storage infrastructure). In addition, we estimated the Net Social Benefit (NSB) that would be achieved with a new community system of piped water which is assumed to prevent households to invest in adaptation measures. We applied the avoided costs and contingent economic valuation methods to estimate NSB. Our results indicate that households implement 3 groups of adaptation activities: 1) collecting and hauling, 2) purchasing water, and 3) water storing. On average, all these activities account for US\$ 15.14 (115.20 quetzales) per month on average, distributed as follows: Collection and hauling costs US\$ 5.15 (39.19 quetzals), storage costs US\$ 0.96 (7.29 quetzales), and purchase water costs US\$ 9.03 (68.69 quetzals). Time invested represents 34.03% of the total costs for collecting and hauling water. Regarding of a new piped water supply system, it was established that the monthly willingness to pay is 21.23 US \$ per household. On the other hand, the construction of a new community-based piped water system will be cost-effective and will provide social gains no matter what economic valuation method be used. With a 30-year horizon, constant cash flows and discount rates of 8, 10 and 12%, the NPV was higher than 0 in all cases, bringing the new community piped water system successfully pass the test of cost-benefit. Finally, the research findings are important to guide public policies implementation and promoting better interventions and

¹ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. nsagui@catie.ac.cr; rmadrigal@catie.ac.cr; silvia.estigarribia@catie.ac.cr

economic investments to improve community water supplies. If such systems are strengthened it will essentially boost the rural community's adaptive capacity against drought events (i.e. Better capacity in water supply to coping with shortages) while improving the welfare of communities.

Keywords: adaptation activities, drinking water, drought, climate change, net social benefit.

1. 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la mayoría de los países del mundo ha aumentado la preocupación por la problemática de acceso al agua. Esto surge a partir de datos que estiman que a nivel mundial aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso a agua potable, y más de 2.6 mil millones no tienen acceso al saneamiento básico (ONU 2010; WHO 2011). Para tratar de revertir esta situación, la sociedad global ha promovido el reconocimiento del acceso al agua como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida (ONU 2010), y adicionalmente, dicho acceso es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2016). Según UNICEF (2013), el acceso al agua se hace aún más difícil en zonas rurales, ya que existe mayor dependencia hacia las fuentes primarias, tales como pozos, bombas manuales y captación de agua de lluvia. En consecuencia, las poblaciones rurales son más vulnerables a su escasez.

Aunado a lo anterior, existen altas probabilidades de que el aumento de las sequías² agrave drásticamente el actual acceso al agua superficial y subterránea, principalmente en zonas expuestas a sequías prolongadas. Tal es el caso de la costa pacífica centroamericana, desde Costa Rica hasta Guatemala. Esta región se conoce como “*Corredor Seco Centroamericano*” debido a que históricamente ha sido afectada por fenómenos climáticos extremos de sequía, especialmente por la influencia del fenómeno meteorológico denominado “*El Niño*” (Benegas et al. 2006; UNNFC 2006; IPCC 2014). En zonas con características climáticas como las del corredor seco, es probable que las comunidades rurales sean las más afectadas, debido a su limitada capacidad para adaptarse a situaciones extremas de escasez y limitado acceso al agua (IPCC 2007; IPCC 2014).

En el caso de Guatemala, la zona más afectada por las sequías se ubica dentro del corredor seco centroamericano, denominado a nivel nacional como “*Corredor Seco Oriental de Guatemala*”. Existen datos concretos que evidencian la exposición de los poblados ubicados en el mencionado corredor a las sequías prolongadas. Por ejemplo, mediciones locales de las estaciones meteorológicas indican que el departamento de Chiquimula, y su poblado denominado Maraxco, se ubican en la zona con menores precipitaciones históricas registradas en los últimos 50 años, con $<6\text{mm/m}^2$ para el periodo más seco del año, de enero a abril (INSIVUMEH 2014).

Por su parte, las evidencias también indican que, en zonas de sequía con características similares a las del corredor, el clima y la variación en la disponibilidad de agua de consumo doméstico están directamente relacionadas (IPCC 2007; Kundzewicz et al. 2007; Döll 2008; IPCC 2014). Pese a su relación, aun es escasa la información local que analiza las acciones defensivas (medidas de adaptación) que toman las comunidades rurales para afrontar la escasez de agua, y el impacto que generan dichas acciones en el bienestar de la población. La mayoría de los estudios sobre adaptación ante condiciones climáticas actuales de sequías y proyecciones del cambio climático se han enfocado a nivel global y regional (p. ej., para toda la región de Centroamérica) (Cepal 2010; World Bank 2011). Sin embargo, estos estudios destacan la necesidad de promover la investigación a nivel nacional y, principalmente local, con el objetivo de estimar adecuadamente los costos de implementar acciones de adaptación y sus beneficios esperados.

Las estimaciones locales brindan elementos para la toma de decisiones respecto a la escogencia del tipo de adaptación y su conveniencia (Agrawal et al. 2008). Particularmente, estas estimaciones brindan información microeconómica importante para realizar con éxito evaluaciones de costo-beneficio de mejoras o nuevas construcciones que se realicen en los sistemas comunitarios de agua entubada (Nauges y Strand 2007). Además, dado que estas intervenciones mejoran la eficiencia en la distribución de agua y la oferta de agua para los hogares de las comunidades rurales, estas, también, se constituyen en un indicador relevante de la capacidad adaptativa para enfrentar condiciones actuales y proyectadas de cambio climático (Kundzewicz et al. 2008).

Asimismo, las evaluaciones locales son relevantes considerando que, en su mayoría, las áreas rurales son las de menor capacidad para responder a las condiciones actuales de sequía, y a condiciones proyectadas del cambio climático (Castellanos et al. 2013; IPCC 2014). En Guatemala, las áreas rurales se encuentran desatendidas y con poca presencia de organizaciones gubernamentales responsables de promover el saneamiento y la provisión básica de agua de consumo humano. Esta situación impulsa a las comunidades rurales a tomar responsabilidad para obtener, gestionar y administrar el agua (SEGEPLAN 2008). Particularmente, en la Comunidad Maraxco,

² sequías: episodios climáticos extremos que se reflejan en variaciones en el estado de las medias u otras estadísticas de precipitación en un periodo dado de tiempo y que disminuyen la cantidad de agua y de humedad en general (IPCC 2007).

los costos de operación y mantenimiento son asumidos por los hogares, quienes a través de su comité de agua local (OCSAS³), gestionan el abastecimiento y mantenimiento del sistema comunitario de agua entubada para atender, en la medida de sus posibilidades, a la totalidad de sus habitantes (Chinchilla 2010; Vagliente *et al.* 2011).

En la investigación se estableció un objetivo general y tres objetivos específicos, los que se describen a continuación.

Objetivo General: Realizar un análisis económico de la adaptación de los hogares a la escasez de agua derivada de los periodos de sequía y su relación existente con el sistema comunitario de agua.

Objetivos Específicos: i) Identificar las medidas de adaptación implementadas por los hogares para abastecerse de agua ante condiciones de sequía y escasez de agua. ii) Estimar los costos económicos asociados a la implementación de las distintas medidas de adaptación. iii) Determinar la disposición a pagar -DP- de los hogares para conectarse a un nuevo sistema comunitario de distribución de agua entubada para consumo doméstico. iv) Estimar el beneficio social neto -BSN- de la comunidad al conectarse a un nuevo sistema de distribución de agua entubada. -

2. MATERIALES Y METODOS

El método de investigación utilizado es de tipo no experimental basado en encuestas o entrevistas. A través de las encuestas se realizó la inferencia de resultados de la población objeto de estudio (Sampieri *et al.*, 1998). El análisis de las encuestas se realizó con un enfoque principalmente cuantitativo que permitió establecer el comportamiento de la población ante eventos de sequía. En específico, la población objeto de estudio fue la comunidad Maraxco del municipio de Chiquimula en Guatemala. La metodología de investigación se realizó con los pasos que a continuación se detallan:

2.1 Selección del área de estudio

La selección del área de estudio se realizó mediante un muestreo intencional. Para este tipo de muestreo se utilizaron juicios y criterios preestablecidos (Lastra 2000). Los criterios se organizaron en dos grupos:

- Criterios climáticos: i) Ubicación de la comunidad dentro de la zona de sequías históricas del corredor seco de Guatemala y de la región Centroamericana⁴ (Hijmans *et al.* 2005; Arias *et al.* 2012; Castellanos *et al.* 2013; INSIVUMEH 2014). ii) Ubicación dentro de las 54 zonas de afectación severa por sequía en los meses más secos del año (enero-abril) en Guatemala y Centroamérica (Mansilla 2010; Arias *et al.* 2012) Italia</pub-location><publisher>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO. iii) Áreas de características semiáridas, clasificada como alta vulnerabilidad a las sequías debido al cambio climático asociado a la Oscilación Sur (ENOS) o fenómeno del niño. En los últimos 60 años, se han observado 10 eventos “Niños” con duración de entre 12 y 36 meses (Arias *et al.* 2012; IPCC 2014).

ii) Ubicación dentro de las 54 zonas de afectación severa por sequía en los meses más secos del año (enero-abril) en Guatemala y Centroamérica (Mansilla 2010; Arias *et al.* 2012) Italia</pub-location><publisher>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO. iii) Áreas de características semiáridas, clasificada como alta vulnerabilidad a las sequías debido al cambio climático asociado a la Oscilación Sur (ENOS) o fenómeno del niño. En los últimos 60 años, se han observado 10 eventos “Niños” con duración de entre 12 y 36 meses (Arias *et al.* 2012; IPCC 2014).

- Criterios socioeconómicos: i) Población rural con sistema comunitario de agua administrado por una OCSAS o comité de agua local. ii) Área rural con población significativa (989 hogares) de características similares en cuanto a abastecimiento de agua⁵. iii) A nivel municipal, poblado con la mayor cantidad de hogares que enfrentan escasez de agua durante los periodos de sequía (de acuerdo con registros locales; oficina de gestión ambiental municipal, Instituto Nacional de Estadística -INE-, Ministerio de salud Pública, y gobierno local).

2.2 Selección de los hogares (tamaño de la muestra)

De la población total, 989 hogares, de la comunidad se hizo una selección de la muestra mediante estimación estadística (ecuación 1). Se utilizó el método de muestreo irrestricto aleatorio (Scheaffer *et al.* 1990).

$$n = \frac{N * \sigma^2}{(N-1) * \beta^2 / 4 + \sigma^2} \quad (2)$$

Dónde:

n= tamaño de la muestra

N= Número total de la población (hogares)

σ^2 = Desviación estándar (0.25)

β = Tamaño del error (5%)

Una vez establecido el tamaño de la muestra en 299, los hogares a muestrear fueron elegidos mediante un listado proveniente del último censo del año 2010 del Ministerio de Salud local (Acoderol-Mspas 2010).

³ Organización Comunitaria de Servicio de Agua y Saneamiento, localmente conocida como comité de agua. En Guatemala, existen aproximadamente 10,000 organizaciones que operan para proveer agua de consumo humano a las zonas rurales (Vagliente *et al.* 2011).

⁴ Temperaturas promedio de 35°C y precipitaciones menores a 6mm/m2 en los meses más secos del año (enero-abril).

⁵ Características similares dadas por ubicación geográfica en un solo estrato respecto a otros poblados, y su dependencia en el mismo sistema comunitario de distribución de agua.

Cada jefe de hogar, referido en la lista, fue numerado y seleccionado mediante muestreo aleatorio simple sin restitución (Di Rienzo *et al.* 2008).

2.3 Recolección de datos de campo

Los datos utilizados provienen de 299 entrevistas dirigidas a los jefes de hogar. Las entrevistas se adaptaron del protocolo diseñado por Madrigal y Naranjo (2013) para evaluar la capacidad adaptativa de organizaciones comunitarias de agua potable en Centroamérica. Los componentes de la encuesta fueron: i) información general del hogar, ii) participación en el sistema comunitario de agua, iii) evaluación de la calidad del sistema de agua en el hogar, iv) evaluación de la cantidad de agua del sistema en el hogar, v) percepción del hogar acerca de la gestión de la OCSAS, vi) medidas de adaptación implementadas por el hogar y sus costos, vii) evaluación socioeconómica del hogar y viii) preguntas de valoración contingente para establecer la Disposición a Pagar (DP).

El trabajo de campo requerido para recolectar los datos se hizo siguiendo una serie de pasos recomendados por Whittington (2002) en relación con: i) contratación y adiestramiento de encuestadores, ii) adaptación del cuestionario a condiciones locales, iii) trabajo con grupos focales, iv) ejecución de pre-muestreos piloto v) constante supervisión y acompañamiento en campo para la recolección final de la muestra.

2.3.1 Diseño del método y preguntas de valoración contingente (VC)

Para establecer la DP se diseñó la pregunta y el escenario bajo la metodología de VC. De acuerdo a las recomendaciones de Whittington (2002), el escenario se desarrolló en base a una situación posible para la comunidad. A los encuestados se les planteó la opción de concluir un proyecto de agua potable, el cual inició en el año 2007⁶ para aprovechar las aguas subterráneas de la comunidad, en sustitución de los sistemas convencionales de captación de aguas superficiales. Para dicho escenario, fueron definidos el rango y el vector de montos sugeridos a los hogares en las entrevistas. Este proceso se realizó con pruebas piloto siguiendo los principios de Loomis (1988). Los montos propuestos fueron de

tipo referéndum, y se integraron en percentiles dentro de la muestra asignando un total de 60 hogares para cada uno de ellos (Spaninks y Kuik 1997). El vector de montos quedó integrado en 5 cantidades equidistantes: 1) 7.88 US\$ (60 quetzales⁷); 2) 15.77 US\$ (120 quetzales); 3) 23.65 US\$ (180 quetzales); 4) 31.53 US\$ (240 quetzales); 5) 39.42 US\$ (300 quetzales).

2.3.2 Aplicación de las encuestas

A través de guías locales, se localizaron a los hogares seleccionados y a sus jefes de hogar, quienes fueron entrevistados. Para los hogares que no pudieron ser contactados, se realizaron sustituciones en la muestra elegida (se reemplazó un 5.35%, 16 hogares). Para esto, se utilizó nuevamente la selección aleatoria simple sin restitución, excluyendo del listado a los hogares reemplazados en cada caso (Di Rienzo *et al.* 2008).

2.4 Identificación y definición de las medidas de adaptación a nivel de campo

Mediante un grupo focal, integrado por: i) presidente y tesorero del comité de agua local, ii) presidente del Consejo Comunitario de Desarrollo -COCODE-, iii) coordinador de facilitadores comunitarios del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, y iv) encargado de la escuela primaria de la comunidad, se identificaron las medidas de adaptación utilizadas generalmente en los hogares de la comunidad. Estas medidas de adaptación se definieron y se clasificaron. Las mismas fueron utilizadas para diseñar las encuestas de hogares. Se determinó que actualmente, la comunidad se abastece de agua para consumo mediante chorros o grifos públicos, los cuales cuentan con poca capacidad de abastecimiento⁸. Por este motivo, las medidas de adaptación, para esta investigación, se entienden como todas aquellas acciones adicionales que los hogares realizan para abastecerse de otras fuentes de agua distintas al sistema actual de agua entubada mencionado. Dentro de estas medidas adicionales se identificaron: colecta y acarreo de agua en ríos y nacientes, compra de agua de proveedores privados y el almacenamiento de agua.

⁶ En su inicio el proyecto consistió en la perforación de un pozo de aguas subterráneas. No obstante, en la actualidad el proyecto esta inconcluso. En su momento, el proyecto se diseñó para extraer agua del manto freático con bomba eléctrica y almacenarla en un tanque de distribución con capacidad de 138 m³. El pozo tiene una capacidad de dotación de 4.42 L/seg, suficiente para abastecer, constantemente, con conexiones prediales, a un número de 4,963 habitantes o 610 hogares, considerando un consumo máximo de 70 L/hab/día (Chinchia 2010). Ahora bien, actualmente, la cantidad de habitantes es de 6,923 y 989 hogares. Por este motivo, fraccionando el servicio para 8 a 12 horas al día, con el consumo máximo, el caudal establecido sería suficiente para suplir a toda la comunidad.

⁷ El Quetzal es la moneda nacional de Guatemala (1 US\$ es equivalente a 7.61 quetzales, de acuerdo al Bando de Guatemala BANGUAT para el 03 de noviembre de 2014).

⁸ El sistema actual de abastecimiento de agua entubada tiene las siguientes características: 1) red de 80 grifos distribuidos en las áreas públicas, 2) toma de aguas superficiales y distribución por gravedad, 3) capacidad para proveer de agua a cada hogar, únicamente por 3 días al mes durante dos horas diarias para los meses más secos del año.

2.5 Procedimiento para el cálculo

2.5.1 Estimación de costos de las medidas de adaptación

Para estimar los costos en que incurren los pobladores para adaptarse a la sequía, la información de campo fue organizada y sintetizada en los tres 3 grupos de medidas de adaptación identificados anteriormente: 1) costos por colecta y acarreo, 2) costos por compra de agua y 3) costos por almacenamiento. Esta organización representaría la distribución de los costos asumidos por los hogares al experimentar escasez de agua en su sistema de provisión (Pattanayak y Yang 2005; Nauges *et al.* 2009; Vasquez 2012). De esta forma, todas medidas de adaptación consideradas son adicionales e independientes a las acciones realizadas para abastecerse de agua mediante el actual sistema de agua entubada de chorros públicos. La estimación de costos cada grupo de medidas de adaptación se realizó de la siguiente manera:

Costos por colecta y acarreo. Se estimaron a partir del tiempo invertido por los hogares en las fuentes de agua (sumatoria del tiempo de ida, el tiempo de permanencia, y el tiempo de vuelta hacia el hogar) (Strand y Walker 2004; Nauges y Strand 2007; Nauges y Berg 2009; Nauges *et al.* 2009; Nauges y Whittington 2010b). Posteriormente, se asignó un valor monetario al tiempo registrado con base en el costo de oportunidad del mismo.

Para el costo de oportunidad se consideraron a los sectores económicos de mayor dedicación por parte de los miembros de la comunidad, diferenciados para hombres y mujeres. Se utilizó una proporción del 50% del valor del salario por hora (Whittington *et al.* 1990; Pattanayak y Yang 2005). Finalmente, a estos costos, se sumó el pago de transporte utilizado para acarrear el agua desde las fuentes de agua hasta las viviendas (Nauges y Strand 2007). Se consideró el costo del pasaje de las personas y recipientes, excluyendo los casos que no están relacionadas a la colecta y acarreo de agua (lavado de ropa y aseo personal).

Costos por compra de agua. Corresponden a los gastos promedio que cada hogar invierte en adquirir agua de vendedores privados (Pattanayak y Yang 2005). Los hogares compran agua bajo dos modalidades: i) agua corriente (sin tratamiento) adquirida de camiones vendedores y, ii) agua purificada adquirida en diferentes puntos en la comunidad.

Costos por almacenamiento de agua. Corresponden al valor de amortización o depreciación de los diferentes recipientes utilizados (Vasquez 2012). Para el análisis, los recipientes se dividieron

en 2 grupos: i) tanques y pilas de almacenamiento construidas de cemento, ii) recipientes de plástico de menor capacidad. Para ambos grupos se empleó el método de depreciación lineal, no obstante, para el primer grupo se utilizó el precio de construcción proporcionado por los entrevistados, y 30 años de vida útil para este tipo de infraestructura (Pattanayak y Yang 2005; ISR 2012; Vasquez 2012). Para el segundo grupo, de acuerdo con ISR, (2012) se consideraron 10 años de vida útil, y se asumieron los costos actuales de los recipientes en los mercados locales, para posteriormente capitalizarlos al año en el que se realizó la inversión (Boardman *et al.* 2001).

2.5.2 Estimación de la Disposición de Pago (DP)

Para la estimación de la DP se integraron dos métodos: el paramétrico simple y el no paramétrico. El método no paramétrico brindó una primera aproximación y diagnóstico de la DP (Habb y MacConnel 2002). A partir del resultado de la DP obtenido con este método, se incorporaron variables socioeconómicas que pueden influir en el resultado final. Dicha incorporación se realizó a través del método paramétrico simple, el cual brinda una mejor aproximación de la DP. Por lo que, los valores finales de la DP promedio se establecieron con el método paramétrico simple (Hanemann *et al.* 1991). El procedimiento se realizó mediante un análisis econométrico con modelos probabilísticos logit utilizando el programa estadístico STATA (Wooldridge 2006).

2.5.3 Análisis de costo-beneficio para el nuevo sistema de distribución de agua entubada

Para este análisis, se sometió a evaluación el nuevo proyecto de provisión de agua entubada abastecido por pozo mecánico iniciado en la comunidad en el año 2007. Se utilizó un horizonte de 30 años y una tasa de descuento⁹ de 10% (Cohen y Martínez 2005; Doczi y Ross 2014; García *et al.* 2014). La tasa del 10% es inferior a la aplicada habitualmente por bancos multisectoriales para este tipo de proyectos. De acuerdo con García *et al.* (2014), con la tasa habitual cuyo valor es 12%, se hace difícil justificar proyectos de agua potable relacionados con la adaptación en zonas bajo condiciones climáticas adversas, especialmente por la larga vida útil que suelen tener estos proyectos (30-50 años). Teniendo en cuenta esto, y que el uso de una tasa de descuento sigue siendo controvertida, el 10% utilizado corresponde al límite superior de las tasas imputadas por el sistema bancario de Guatemala. Además, se complementó un análisis de sensibilidad con tasas de 12% y 8%. Por su parte, la conclusión del análisis se basó en el

⁹ La tasa de descuento es cercana a la habitual en bancos multilaterales para proyectos de infraestructura de agua de países en desarrollo. El horizonte temporal se estableció tomando en cuenta el tiempo de vida útil para este tipo de proyectos indicado por Cohen y Martínez (2005); Pattanayak y Yang (2005). Adicionalmente, se verificó con consulta a expertos de proyectos de agua potable de la zona de estudio

valor actual neto (VAN) resultante, el cual evalúa la rentabilidad y los beneficios netos alcanzados con el proyecto (Van Horne y Wachowicz 2002).

Por su parte, la estructura de costos se adecuó a los dos componentes básicos del análisis de costo-beneficio de los cambios en la provisión de agua (Boardman *et al.* 2001; Pattanayak y Yang, 2005). Estos son: i) los beneficios sociales -BS- derivados del cambio en la provisión, y ii) los costos de implementar dicho cambio o costos por suministro del servicio. La diferencia de ambos elementos son los beneficios sociales netos -BSN-.

El primer componente (BS) se expresó de forma independiente a través de la DP para tener un nuevo sistema comunitario de agua y a través de los costos evitados de las medidas de adaptación que realizan los hogares. Estos últimos valores reflejan la demanda por el nuevo servicio comunitario de agua entubada, y son el límite inferior del beneficio social Whitehead *et al.* (2008).

El segundo componente del análisis (costos por suministrar el servicio con el nuevo sistema) se estableció con recopilación de información secundaria. Se reunieron montos de inversiones parciales realizadas en la comunidad, y proyecciones locales realizadas por otros estudios para concluir el proyecto. Las inversiones parciales corresponden a costos por perforación y equipamiento del pozo mecánico, costos del tanque de almacenamiento y líneas principales de construcción. Por otra parte, las proyecciones consideran los costos para conexiones domiciliarias, costos de operación y costos de mantenimiento (Chinchilla 2010). Las proyecciones se validaron con un proyecto de similares características de la asociación ADMBANCHI¹⁰.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección se presenta en cuatro fases: Primero, se describen medidas de adaptación identificadas en los hogares. Segundo, se estiman los costos asociados a las medidas de adaptación. Tercero, se calcula la DP para la instalación de un nuevo sistema comunitario de agua entubada. Cuarto, se presenta el análisis de costo-beneficio del nuevo sistema de agua entubada.

3.1 Medidas de adaptación identificadas

En el verano, la época de mayor sequía del año (de enero a abril), las personas de la comunidad que normalmente se abastecen de chorros públicos no consiguen satisfacer sus necesidades de consumo doméstico de agua. Por este motivo, recurren a medidas adicionales, las cuales son:

La colecta y acarreo de agua. Las personas de la comunidad van hasta las fuentes de agua y regresan a sus hogares con sus recipientes cargados. Para esta actividad, se identificaron tres fuentes de agua: ríos o quebradas, tanques comunitarios¹¹ y camiones distribuidores de agua. Estas fuentes son utilizadas de manera independiente al sistema comunitario de abastecimiento de agua. El porcentaje de uso de estas se distribuye de la siguiente forma: tanques comunitarios 59.19%, hogares, ríos o quebradas 48.16% y camiones distribuidores de agua corriente 22%. En muchos hogares, se utilizan de forma simultánea varias fuentes para cubrir los requerimientos domésticos, lo que sugiere una alta dependencia de la comunidad hacia estas fuentes de agua.

La compra de agua. Los hogares compran el agua de dos formas. La primera, por parte de camiones distribuidores de agua corriente, sin ningún tratamiento; la segunda, por parte de vendedores de agua purificada. En la época seca (enero-abril) el 51.51% de los hogares compra agua corriente. Por otra parte, el agua purificada es adquirida por el 27.75% del total de hogares entrevistados. Estos porcentajes de compra de agua ponen de manifiesto nuevamente la ineficiencia del sistema comunitario de agua.

El almacenamiento de agua. El almacenamiento se realiza en los hogares como complemento a las dos medidas descritas anteriormente. Se identificó que los hogares utilizan para almacenar agua recipientes de plástico y de cemento, en total utilizan 8 tipos tal como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Recipientes de almacenamiento utilizados

Recipiente	% de hogares	Promedio capacidad (L)
Botellas*	5.35	3.46
Cubetas*	6.69	28.52
Pila de almacenamiento (de cemento)	20.73	1,566.42
Tambos o galones*	97.99	24.06
Tanque de cemento	34.77	2,421.21
Tanque común (tinaco)*	5.68	1,693.70
Tinas o baldes*	52.17	46.43
Toneles o barriles*	85.28	234.35

* Recipientes de plástico

Por otra parte, en la figura 1 se presenta el porcentaje de uso de las diversas fuentes de agua identificadas.

¹⁰ Asociación de Desarrollo y Mejoramiento de la colonia Bambi en Chiquimula. Datos del año 2013 del departamento de administración del sistema de agua por pozo mecánico de la colonia Bambi ubicada en la cabecera departamental de Chiquimula.

¹¹ Tanque de cemento ubicado sobre un manantial o nacimiento de agua, en este se almacena agua proveniente del manantial. Es de libre acceso, por lo que las personas colectan el agua de acuerdo con la capacidad de la fuente y la cantidad de individuos que lo utilizan.

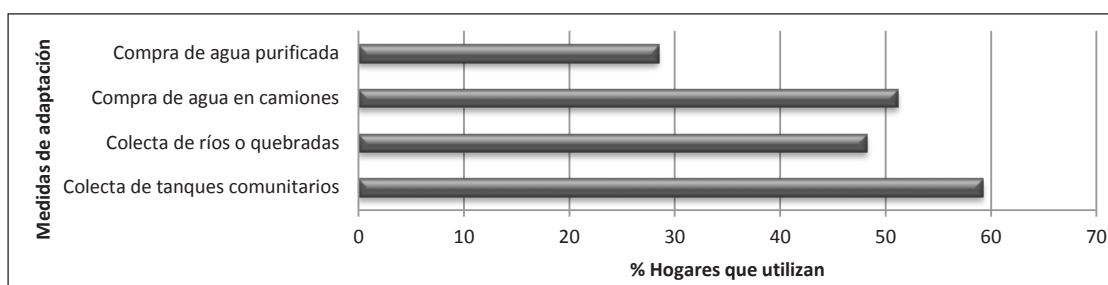


Figura 1. Distribución porcentual de uso de las fuentes de agua

En la figura 1, se puede observar que los tanques comunitarios para la colecta son los más utilizados por los hogares. Esta situación podría responder a las siguientes razones: a) son una fuente de libre acceso de propiedad comunitaria sin una cuota de uso y, b) es una fuente cercana a todos los hogares (se ubica en el perímetro del área poblada de la comunidad). Por su parte, en muchos hogares todas las fuentes de agua son utilizadas simultáneamente para cubrir los requerimientos domésticos.

Ahora bien, de forma general, los porcentajes de uso de las diversas medidas de adaptación podrían estar relacionados al menos dos factores. El primero es el costo monetario. Esto significa que, para el caso de las fuentes que requieren un pago directo, por ejemplo, compra de agua purificada, el porcentaje de uso disminuye por debajo del 30% de la muestra (figura 1). El segundo factor sería la diversificación de los usos del agua, ya que cada fuente es utilizada para diferentes fines, a saber: 1) lavado de ropa, 2) limpieza personal (bañarse y lavado de manos), 3) consumo (beber y cocinar alimentos) y 4) crianza de animales domésticos. Las entrevistas revelaron que, para el caso del lavado de ropa más del 70% prefieren hacerlo en ríos o quebradas y en los tanques comunitarios, lo que se ve reflejado en el uso efectivo de la fuente (cerca del 60%). Para el consumo, el agua purificada y el agua corriente adquirida de los camiones o vendedores privados son las fuentes preferidas por los hogares, no obstante, no todos pueden acceder a estas.

Sin embargo, los porcentajes de uso y la prioridad de las diferentes fuentes de agua (figura 1) no están vinculados con la cantidad de agua utilizada por los hogares debido a la dificultad de obtener mediciones precisas de los volúmenes consumidos. Para esta investigación, la importancia de las fuentes de agua para los hogares está dada por la frecuencia de uso (mensual) en los hogares muestreados.

3.2 Costos asociados a las medidas de adaptación

Los costos de las medidas de adaptación constituyen una aproximación de los impactos económicos que deben asumir los hogares por enfrentarse a los problemas de provisión de agua en épocas de

sequía. Las estimaciones de estos costos fueron organizados en 3 grupos; 1) colecta y acarreo, 2) compra de agua y 3) almacenamiento.

3.2.1 Costos económicos por colecta y acarreo.

En este caso se incluye el costo monetario del tiempo de colecta y el costo por transporte utilizado para el abastecimiento (Nauges y Strand 2007).

En la tabla 2 se resumen los resultados del tiempo invertido por hombres, mujeres y niños, según el tipo de fuente de agua utilizada. Esta segregación profundiza los hallazgos de estudios de Strand y Walker (2004); Nauges y Strand (2007); Nauges y Berg (2009); Nauges y Whittington (2010b). En estos estudios se cuantificó el tiempo total del hogar en su conjunto, sin desagregarlo. Con dicha situación según Nauges y Strand (2007), podrían existir sesgos en la asignación del valor monetario del tiempo al no diferenciar la participación, principalmente de los niños.

En tal sentido, se estimó que las mujeres son las que más participan en las actividades de colecta y acarreo de agua, ya que invierten 62.90% del tiempo total del hogar en dicha actividad. El tiempo de los niños representa el 17.52%, y el de los hombres 19.48%. Por lo que, esta desagregación permite observar las diferencias del tiempo total invertido en la colecta y acarreo entre hombres, mujeres y niños.

En la tabla 2 también se observa que el tiempo promedio por hogar es similar al encontrado por Strand y Walker (2004); Nauges *et al.* (2009) Nauges y Berg (2009) en investigaciones de 17 ciudades de Centroamérica en hogares sin servicios públicos de abastecimiento de agua. Dichos estudios encontraron promedios por hogar de 10 horas con 10 minutos al mes. Por otro lado, en hogares con servicios públicos (sistema de agua domiciliar), pero con atención intermitente o irregular Nauges y Berg (2009) han encontrado promedios de 5 minutos cada vez que las personas visitan una fuente de agua. Si bien no son estimaciones mensuales como las anteriores, se estableció que distan de las 1.25 horas¹² promedio encontradas para cada visita a las fuentes de agua en los hogares de la comunidad Maraxco en Chiquimula, Guatemala.

¹² Se estimó tomando en cuenta el tiempo promedio que invierten los hogares en todas las fuentes de agua cada vez que colectan agua

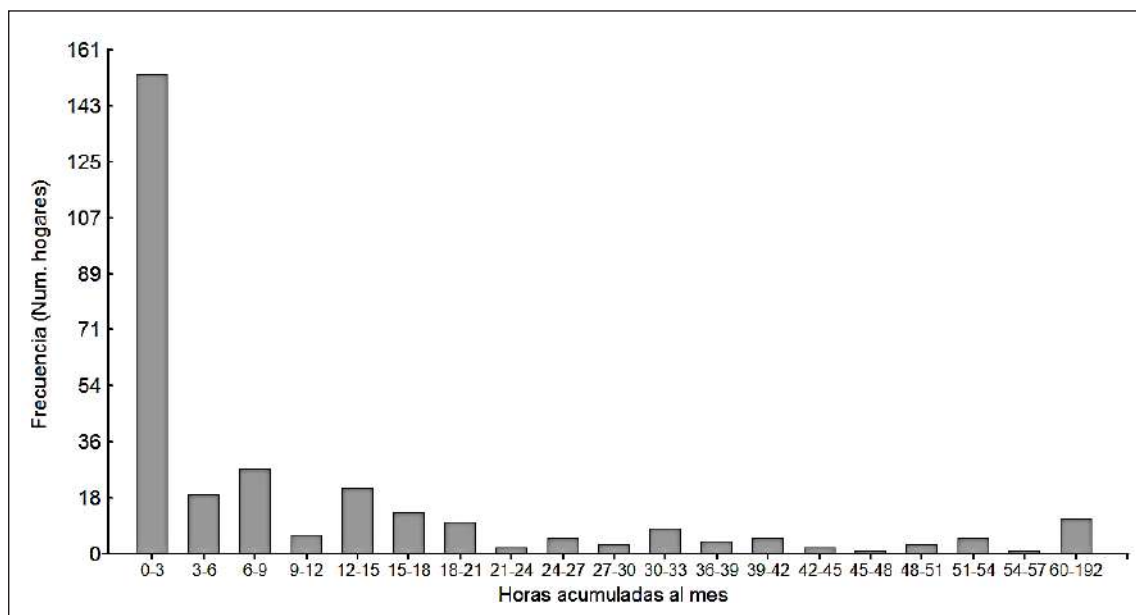
Tabla 2. Tiempo promedio invertido por los hogares en las fuentes de agua

Fuentes de agua	Horas/mes (Aporte de hombres)*	Horas/mes (Aporte de mujeres)*	Horas/mes (Aporte de niños)*	Total (horas/hogar)
Ríos o quebradas	0.23	1.95	0.41	2.59
Tanques comunitarios	1.65	4.6	1.46	7.71
Comprar agua corriente (camiones) ¹³	0.4	0.82	0.18	1.4
Ríos o quebradas ¹⁴	....	....	....	....
Tanques comunitarios ¹¹	....	....	....	....
TOTAL	2.28	7.37	2.05	11.70

*Resultado que consideró el número de individuos que participan por hogar, el tiempo en cada visita a la fuente y la frecuencia de visitas al mes.

Como complemento a lo descrito hasta ahora, en la Figura 2 se observa la distribución del tiempo acumulado para todas las fuentes de agua en los hogares. La distribución muestra que la mayor cantidad de la muestra (153 hogares, 51.17% del total de hogares) se encuentran dentro del rango de tiempo

que va de 0 a 3 horas al mes. Por su parte, dentro de las primeras 5 clases se agrupa el 75.58% de los hogares, lo que sugiere que estos no sobrepasan las 18 horas al mes. Según el valor de la mediana, se observa que el 50% de los hogares estarían invirtiendo una cantidad de ≤ 8.79 horas en el mes.

**Figura 2.** Histograma del tiempo acumulado para la colecta y acarreo

Vale la pena destacar algunos aspectos que podrían incidir en la estimación del tiempo invertido. En especial, el método de entrevistas utilizado para la recolección de datos sobre el tiempo de colecta y acarreo puede generar sesgos en las estimaciones, particularmente por su dependencia de la memoria de la persona que realiza la colecta y el acarreo del agua, y de la percepción del tiempo de cada individuo (Chaudhri *et al.* 2012; Masuda *et al.* 2012).

Estimación del costo monetario del tiempo. El costo monetario del tiempo de colecta y acarreo constituye un costo sombra para los hogares (Nauges y Strand 2007). Para estimar el costo del tiempo se utilizó el 50 % del valor del salario por hora para sectores no calificados de la zona de estudio (Whittington *et al.* 1990; Pattanayak *et al.* 2005). Las tasas de los salarios utilizadas son 0.71 US\$/hora para hombres y 0.40 US\$/hora para mujeres (INE

¹³ Tiempo contabilizado cuando los vendedores no llegan hasta las viviendas y las personas deben invertir tiempo en ir a colectar a los puntos de venta y acarrear hasta los hogares (el 22% de los hogares que utilizan esta fuente de agua).

¹⁴ Valores de las fuentes de agua utilizadas, exclusivamente, para lavar ropa (estos casos no se consideraron para estimaciones mensuales de colecta y acarreo).

2013). Dicho porcentaje se considera conservador respecto de los utilizados en otros estudios donde se estima el valor monetario del tiempo por coleccionar y acarrear agua. De acuerdo a Jeuland *et al.* (2010) estos porcentajes del salario van en un rango de 20-83% para países en vías de desarrollo.

En la tabla 3 se observa el promedio del costo del tiempo total invertido para los hogares de Maraxco. Nótese que se considera también un costo de 0.52 US\$ promedio para transporte¹⁵ y se presenta un análisis de sensibilidad para los porcentajes del salario por hora considerados. En este último punto se utilizaron 2 escenarios: 25% y 75% del valor del salario por hora. Se observa que los costos para

los hogares son considerablemente sensibles a variaciones en dichas tasas.

De las estimaciones anteriores se excluyó a los niños ya que es discutible asignarles un costo de oportunidad basado en el salario devengado por los adultos. Lo más apropiado sería tener para la estimación de un costo de oportunidad para los niños basado en el tiempo perdido en educación, deporte y recreación, entre otros. No obstante, esta cuantificación no se realizó para el presente estudio, y representa una limitación en las estimaciones monetarias realizadas para los beneficios sociales totales asociados a minimizar o eliminar estas actividades de colecta y acarreo.

Tabla 3. Promedio de costos de colecta y acarreo de agua

Tasas del salario por hora (%)	Tiempo promedio por hogar (horas/mes)			Costo monetario del tiempo, promedio por hogar (US\$/mes)			Costo por transporte, promedio por hogar (US\$/mes) ³	Costo total de colecta, promedio por hogar (US\$/mes)
	Hombres	Mujeres	Niños	Hombres	Mujeres	Total		
25	2.28	7.37	2.05	0.81	1.51	2.32	0.52	2.84
50	2.28	7.37	2.05	1.61	3.02	4.63	0.52	5.15
75	2.28	7.37	2.05	2.42	4.53	6.95	0.52	7.47

3.2.2 Costos económicos por compra de agua.

Estos costos están relacionados a la compra de agua purificada, ya sea en botellas de plástico o garrafones y compra de agua corriente en camiones o distribuidores privados. La mayor parte de estos costos monetarios en los hogares están dados en épocas de verano. En promedio, cada hogar gasta de 9.03 US\$ (68.69 quetzales) para abastecerse con esta medida de adaptación en el verano. Aunque es un costo alto, la forma de adquirir el agua corriente (sin tratamiento) es un aspecto determinante para ello. Los hogares generalmente adquieren desde un barril de agua (234 litros) con precio promedio de 1.45 US\$ (11.03 quetzales), hasta un tanque o pila de almacenamiento completo $\geq 1,500$ litros, con precios promedio de 15.20 US\$ (115.67 quetzales).

3.2.3 Costos económicos por almacenamiento.

Los recipientes de plástico y los contruados de cemento imputan a los hogares, en promedio, costos de 0.96 US\$ (7.29 quetzales) por mes (Tabla 4). Esta estimación se realizó, excluyendo a las botellas de plásticos, ya que las mismas son adquiridas para otros fines (Vasquez 2012).

Tabla 4. Costos promedio por almacenamiento

Recipiente	Capacidad promedio (L)	Costo promedio por hogar (US\$/mes)
Botellas plásticas	3.46	0.000
Cubetas de plástico	28.52	0.003
Pila de almacenamiento	1,566.42	0.108
Tambos o galones	24.06	0.176
Tanques de cemento	2,421.21	0.226
Tanque plástico (tinaco)	1693.70	0.032
Tinas o baldes	46.43	0.037
Toneles o barriles	234.35	0.376
TOTAL		0.957

3.2.4 Los costos totales de las medidas de adaptación

La sumatoria de los todos los costos descritos previamente es de 15.14 US\$ (115.20 quetzales) por hogar al mes, distribuidos en: colecta y acarreo 5.15 US\$ (39.19 quetzales), almacenamiento 0.96 US\$ (7.29 quetzales), y compra de agua 9.03 US\$ (68.69 quetzales) (Tabla 5).

¹⁵ El costo por transporte, constituye un elemento clave para entender las variaciones en los precios de agua y, por ende, la demanda en estas zonas de sequía (Nauges y Whittington 2010a).

¹⁶ Incluye el traslado de hombres, mujeres y niños, y de los recipientes cargados con agua. Se excluyeron los pagos realizados por movilización para otros fines, por ejemplo, para lavar ropa y actividades de limpieza personal (bañarse).

Los mayores costos son imputados la compra de agua, y la colecta y acarreo en tres fuentes de agua. Dentro de estas fuentes de agua, los tanques comunitarios generan el mayor costo, esencialmente por el tiempo invertido en ellos. En general, el valor monetario del tiempo es significativo en los costos

totales de adaptación: de 15.14 US\$ por mes, el 34.03% corresponden a este costo (5.15 US\$/mes). Esto muestra, desde el punto de vista cuantitativo, parte del impacto sobre el bienestar de los hogares que experimentan escasez por sequías.

Tabla 5. Costos acumulados de las medidas de adaptación para la comunidad Maraxco

Medida de adaptación	Fuente de agua	Costos de adaptación para los hogares (US\$/mes)						
		Costo del tiempo hombres	Costo del tiempo mujeres	Costo transporte	Costo colecta	Costo compra de agua	Costo almacenamiento	Costo Total
Colecta y acarreo de agua	Ríos o quebradas	0.16	0.80	0.52	1.48	0.00	0.00	1.48
	Tanques comunitarios	1.17	1.89	0.00	3.06	0.00	0.00	3.06
	Compra de agua corriente (camiones)*	0.28	0.33	0.00	0.61	0.00	0.00	0.61
Compra de agua	Agua corriente y purificada	....	....	....	....	9.03	0.00	9.03
Almacenamiento	....	....	....	....	....	....	0.96	0.96
TOTAL								15.14

*Valores correspondientes al tiempo de colecta contabilizado para los casos donde los vendedores no llegan hasta las viviendas y las personas deben invertir tiempo en ir a colectar a los puntos de venta y acarrear hasta los hogares.

Por otra parte, los costos de todas las medidas de adaptación representan el 7.21% de los ingresos mensuales promedio del jefe del hogar. Este porcentaje, además, se distribuye en las medidas

de adaptación: costos de colecta y acarreo 2.45%, costos por almacenamiento 0.46% y, costos por compra de agua 4.30%.

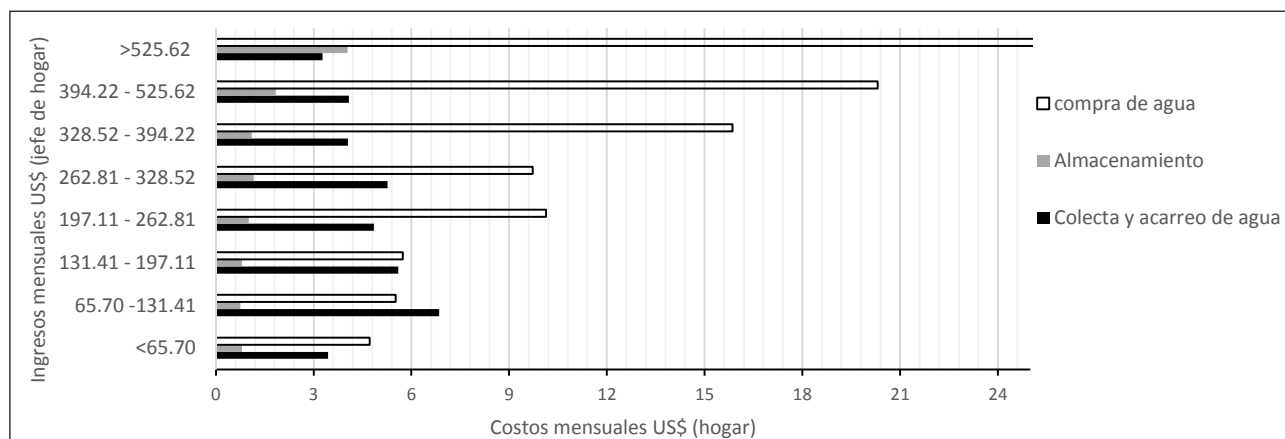


Figura 3. Distribución de costos de las medidas de adaptación por rango de ingresos

Es interesante destacar que la importancia de cada uno de los costos de adaptación descritos varía según el nivel de ingreso del jefe de familia. En la figura 3, se observa aunque los costos de colecta y acarreo en valores absolutos son similares para la mayoría de los rangos de ingresos, en términos proporcionales estos tienden a ser muy relevantes para hogares de menores ingresos <131.41 US\$ (<1,000 quetzales).. En contraste, la compra de agua se hace más importante en términos relativos y absolutos para los hogares de mayores ingresos.

Lo anterior puede deberse a que presumiblemente los jefes de familia con mayores ingresos tienen mayor capacidad para hacerle frente a la compra de agua y evitan las molestias y costos de tiempo que puede representar el acarreo y colecta de agua. Este resultado tiene implicaciones fundamentales en términos del desarrollo y equidad en esta comunidad ya que si el sistema comunitario de agua entubada fuera de mejor calidad quienes sentirían una reducción más significativa en el tiempo invertido para obtener agua serían las familias de menores

ingresos. De esta forma, estas familias podrían dedicar, idealmente, este tiempo a actividades productivas y educativas, entre otras, que podrían mejorar su calidad de vida. Particularmente, esto podría responder a su baja capacidad adaptativa debido a la carencia de recursos económicos para adoptar medidas precautorias (infraestructura y tecnologías) ante un mayor nivel de riesgo (p.ej., mayor escasez de agua por aumento de sequías), tal como lo sugiere Agrawal *et al.* (2008) y ADB (2011).

3.3 Estimación de la DP para un nuevo sistema comunitario de agua entubada

En las estimaciones de la DP, se obtuvieron resultados por medio de dos métodos: paramétrico simple y no paramétrico. Con el método no paramétrico, se consiguió una primera aproximación de la DP con base en los montos sugeridos (figura 4). La DP obtenida con este método fue de 20.34 US\$ (154.8 quetzales) al mes por hogar.

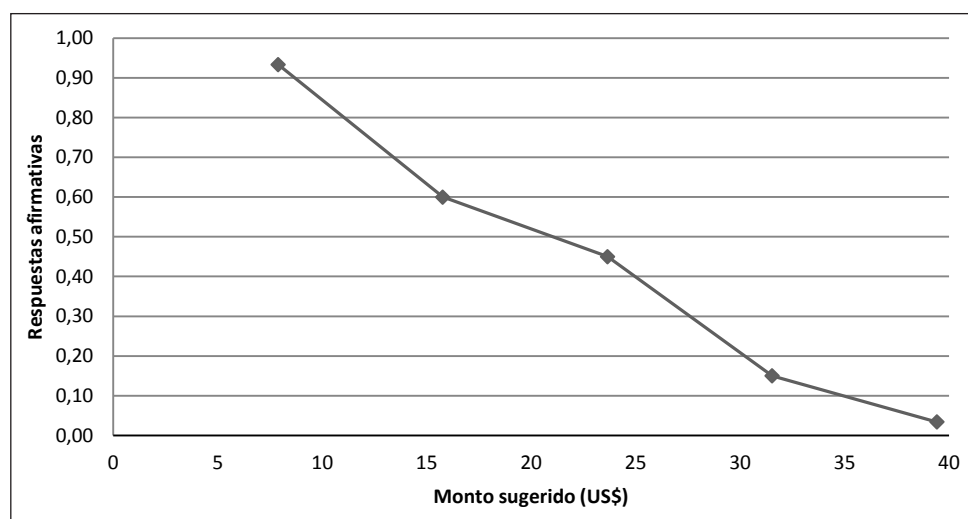


Figura 4. Proporción de respuestas afirmativas para los montos sugeridos

Por su parte, con el método paramétrico, se mejoró la anterior aproximación al incorporar otras variables socioeconómicas que influyen en la disponibilidad de pago (Hanemann *et al.* 1991). Con una regresión Probit (Wooldridge 2006) se utilizaron

9 variables (tabla 6). Las variables socioeconómicas con significancia estadística al 0.05 (1- α) fueron; los ingresos del jefe del hogar, y los montos sugeridos (o tarifas propuesta).

Tabla 6. Efectos marginales de las variables socioeconómicas

Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Descripción de variables
Monto sugerido	-0.0069359*	0.00074	Expresado en moneda local (quetzales).
Ingresos del jefe del hogar	0.0003921*	0.00006	Expresados en moneda local (quetzales).
Personas que viven en la casa	-0.0300399	0.02106	Número de personas en una misma casa.
Menores de 15 años	0.0433742	0.03125	Número de <15 años en la misma casa.
Hogares en una casa	0.1186506	0.06982	Hogares o familias en una misma casa.
Tipo de vivienda	-0.029469	0.03909	Tipo de vivienda, clasificada de 1 a 5, 1= mejor infraestructura (techo, paredes y piso), 5= Infraestructura deficiente.
Nivel de educación del jefe del hogar	0.1020717	0.10214	0= sin educación, 1= algún nivel educativo, desde nivel primario hasta secundaria y universidad.
Hogar con tecnología (televisión, refrigerador y celular)	0.0251779	0.12159	0= sin tecnología 1= tecnología.
Fuentes de agua que utilizan	-0.0498694	0.04156	Número que utiliza cada hogar.
Percepción de sequías	0.0643596	0.08243	0= las sequías provocan la escasez de agua. 1= la escasez se debe a otras causas.

*significativo a un nivel de 0.05 (1- α). N=299. R²=0,5420

Al observar los efectos marginales del Cuadro 6, se tiene que por cada unidad monetaria adicional (equivalente a 1 quetzal) para la variable “monto sugerido”, la probabilidad de respuestas positivas disminuyó en 0,69%, y en la variable “ingresos mensuales promedio del jefe del hogar”, por cada unidad monetaria adicional (equivalente a 1 quetzal),

dicha probabilidad de respuestas positivas aumentó en 0.039% (Tabla 6). Luego de utilizar los coeficientes significativos de la regresión Probit en el cálculo de la DP se obtiene que la DP final para los hogares de la comunidad es 21.23 US\$ (161.58 quetzales) al mes por hogar (Tabla 7).

Tabla 7. Estimación de la DP promedio (moneda local), método paramétrico

Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor p>z	Intervalo de confianza 95%	
DP promedio	161.5804	5.585	0.000	150.633	172.527

3.4 Análisis de costo-beneficio

Se consideró que para la comunidad Maraxco, un nuevo sistema de provisión de agua entubada mitigaría o evitaría las diferentes medidas de adaptación a nivel de hogar descritas hasta ahora y sus costos. Esto se podría lograr siempre y cuando se cumplan los siguientes supuestos: i) El nuevo sistema de agua entubada brindaría conexiones domiciliarias y abastecerá a todos los hogares durante al menos 8 horas diarias para toda la época del año. ii) La cantidad de agua proporcionada con el nuevo servicio brindará, al menos, la misma cantidad de agua que se obtiene con el uso de las diferentes fuentes de agua (medidas defensivas). iii) con el nuevo sistema, el tiempo de espera y sus costos para coleccionar desde los chorros públicos (en promedio 12.44 horas/mes) serán evitados (4.61 US\$/hogar/mes). iv) se evitarán los costos por colecta y acarreo desde ríos o quebradas, tanques comunitarios y camiones vendedores. v) costos por compra de agua serán evitados. vi) El almacenamiento se seguirán realizando, aunque en menor medida. Por tanto, estos costos no se evitarán

Los beneficios sociales derivados de dicha inversión en el sistema se podrían estimar por lo tanto a partir de los costos totales evitados por no incurrir en el uso de las medidas de adaptación presentadas ahora. Alternativamente, de forma directa se podrían estimar dichos beneficios a partir de los resultados del ejercicio de valoración contingente descrito previamente.

Los beneficios sociales obtenidos con ambos métodos fueron comparados para verificar el supuesto teórico planteado por Courant y Porter (1981) y Pattanayak *et al.* (2005). El supuesto indica que las aproximaciones de los costos de las acciones implementadas (medidas de adaptación) deberían ser inferiores a la DP para mejorar el actual servicio de provisión de agua. Esto se debe a que la valoración monetaria de las medidas de adaptación podría no considerar costos como los días de salario perdidos, costos por enfermedades y pérdidas en la productividad. Estos últimos sí se podrían ver reflejados en la DP obtenida.

Los resultados de la presente investigación confirman este supuesto, ya que los costos evitados de las medidas de adaptación son de 18.77 US\$/mes/hogar, inferiores a los estimados con la DP, 21.23 US\$/mes/hogar (161.58 quetzales), con una diferencia de US\$ 2.46/mes. Sin embargo, la magnitud de esta diferencia podría cambiar, debido a la influencia del valor monetario del tiempo, el cual representa el 30.03% de los costos totales de adaptación para los hogares. Por esta razón, 2 aspectos podrían influir en este valor monetario del tiempo. Por un lado, el método de entrevistas utilizado para la recolección de datos sobre el tiempo de colecta y acarreo, puede generar sesgos en las estimaciones, particularmente por su dependencia de la memoria de la persona que realiza la colecta y el acarreo del agua, y de la percepción del tiempo de cada individuo (Chaudhri *et al.* 2012; Masuda *et al.* 2012). Por otro lado, la valoración monetaria del tiempo de colecta y acarreo del agua es muy sensible a la tasa del salario por hora utilizada, tal como se mostró, tasas de 25%, 50%, y 75% influyen en los costos totales de la colecta y acarreo y, por ende, en los costos totales de adaptación.

No obstante, ante un eventual cambio en el abastecimiento de agua por el nuevo sistema de agua entubada, se tendrían cambios en el bienestar económico de los hogares, los cuales se ven reflejados en ambos métodos de valoración económica. Pattanayak y Yang (2005) indican que si los costos de las acciones implementadas de forma individual (o costos evitados) son el límite inferior de la voluntad de pago, estos costos reflejarían el umbral mínimo de los beneficios sociales en un análisis de costo-beneficio. Por tanto, si los beneficios obtenidos con las medidas de adaptación exceden el costo por implementar el proyecto o suministrar el servicio de agua, el proyecto proporciona rentabilidad y ganancias sociales.

Los resultados del análisis de costo-beneficio se presentan en la tabla 8. Para ambos casos (costos evitados de las medidas de adaptación y DP), se pudo constatar que los beneficios sociales superan a los costos por implementar el nuevo proyecto. En tal situación, con flujos de caja constantes, y una tasa

de descuento del 10%, el VAN fue superior a 0 (tabla 8). De este modo, el proyecto supera exitosamente la prueba de costo-beneficio, lo que significa que la implementación de nuevo sistema de provisión de agua entubada proporcionaría ganancias sociales expresadas como el beneficio social neto de la inversión (BSN). No obstante, cabe aclarar que los resultados derivados del uso de la DP hacen una aproximación con más detalle de los BSN ya que se incorporan, indirectamente mediante la consulta

a los hogares, valores que se podrían haber dejado por fuera con el método de costos evitados. Por ejemplo, costos monetarios por enfermedades asociadas al consumo de agua de las diferentes fuentes, pérdida de productividad y días de trabajo debido al esfuerzo de colecta (Whitehead *et al.* 2008). En la tabla 8 se presentan los resultados del análisis costo-beneficio con una tasa de descuento al 10% y del análisis de sensibilidad con tasas de descuento de 8 y 12%.

Tabla 8. Análisis de costo-beneficio del nuevo proyecto de agua entubada

Método para los Beneficios sociales	Periodo de análisis (años)	Criterio de decisión	Tasa de descuento (%)	Beneficios sociales netos (US\$)
Costos evitados	30	VAN	10	207,038.21
Costos evitados	30	VAN	8	317,962.59
Costos evitados	30	VAN	12	118,360.28
Disposición de pago DP	30	VAN	10	267,965.76
Disposición de pago DP	30	VAN	8	390,522.13
Disposición de pago DP	30	VAN	12	170,523.52

Se observa que, independientemente de la tasa de descuento que se utilice, y del método para establecer los beneficios sociales, el proyecto resulta rentable con ganancias sociales netas en todos los casos (tabla8). Esto sugiere que, mejorar la capacidad de respuesta a la sequía, con acciones colectivas como la implementación de un nuevo sistema de agua entubada comunitario, es una necesidad y una intervención adecuada para los hogares de Maraxco. No obstante, esto requerirá de cooperación y acuerdos o compromisos de largo plazo entre los hogares de la comunidad (Ostrom 1990).

4. CONCLUSIONES

La investigación brinda elementos para comprender el comportamiento de hogares rurales que experimentan escasez de agua para consumo doméstico debido a las sequías. En este contexto, donde además el actual sistema comunitario de agua entubada es incapaz de responder adecuadamente para satisfacer las necesidades de las familias de Maraxco, los hogares dependen de fuentes de agua alternativas, así como de distintas estrategias de almacenamiento de agua que explican su comportamiento para suplir sus necesidades de consumo doméstico

La implementación de estas medidas de respuesta a las sequías tiene diversos costos para las familias involucradas. En algunos casos dichos costos son evidentes y fáciles de cuantificar, como en el caso de la compra de agua. En otros casos, los costos tienden a ser invisibles en términos monetarios, pero podrían representar cargas económicas muy importantes en el presente y futuro de las familias. Un ejemplo de esto último es la gran cantidad de

tiempo, alrededor de 11 hrs/familia/mes, que invierten los hogares para abastecerse el agua de consumo doméstico en Maraxco. Esta inversión de tiempo, que no suele estar presente en la mayoría de zonas urbanas donde operan empresas públicas y privadas prestadoras de servicios de agua eficientes, es una carga que limita las posibilidades de acceder a una infinidad de alternativas. Muchas de estas familias podrían estar empleando este tiempo para labores remuneradas y domésticas, para mejorar huertos, invertir en sus propios negocios o disfrutar del ocio, entre otras opciones. Más aún, dado que buena parte de las labores descritas para garantizarse el agua en los hogares son provistas por niños, el mantenimiento de servicios de agua comunitarios deficientes podría estar incidiendo negativamente en el desarrollo educativo de ellos y, por ende, en sus posibilidades de mejorar su calidad de vida actual y futura.

Dado el potencial que existe para mejorar el desarrollo y bienestar general de una comunidad como Maraxco a través de una mejora en el sistema comunal de agua que minimice o elimine los problemas descritos anteriormente, es conveniente analizar la viabilidad de hacer una inversión significativa en la infraestructura pública existente que permita alcanzar dicha meta. No obstante, esto debería evaluarse a través del algún instrumento riguroso para la toma de decisiones. La evaluación costo-beneficio social es una alternativa deseable para estas situaciones y su aplicación al caso de Maraxco arroja resultados muy interesantes. El análisis de costo-beneficio de un nuevo sistema de provisión de agua entubada para evitar o mitigar las medidas de adaptación en que incurren los hogares en Maraxco indican que, desde el punto de vista social, es totalmente justificable la

inversión en la mejora del sistema de agua público. Es decir, los beneficios económicos obtenidos superan a los costos financieros de las inversiones en infraestructura planeadas.

Concretamente, en el análisis de costo-beneficio, la operación de una infraestructura comunal eficiente de agua permite evitar que las familias incurran en costos por colecta y acarreo, compra y almacenamiento de agua. Estos costos evitados representan el umbral mínimo de los beneficios sociales generados por la nueva infraestructura. Estos beneficios, estimados en 15.14 US\$/mes por familia, dejan por fuera otros posibles beneficios generados que son muy difíciles de cuantificar y monetizar directamente, por ejemplo, los beneficios generados al evitar posibles enfermedades infecciosas. Estas deficiencias teóricas y metodológicas del método de costos evitados tienden a minimizarse con el método de valoración contingente. Las estimaciones hechas con este método arrojan, como era de esperarse teóricamente, valores de beneficios superiores. En este caso los cálculos permiten estimar valores de disposición a pagar de 20.23 US\$/mes por un sistema comunal mejorado que permita evitar la mayoría de inconvenientes de abastecimiento que se presentan actualmente. De esta forma, independientemente del método de valoración de beneficios utilizado, al agregar los beneficios de las familias de Maraxco, la suma de estos beneficios brutos siempre supera a los costos de inversión en mejoramiento del sistema comunal. En consecuencia, un nuevo sistema de provisión mejoraría la oferta de agua para consumo humano en los hogares, con efectos positivos en su bienestar debido en parte a la eliminación o mitigación de las acciones de colecta y acarreo, almacenamiento y compra de agua.

La evaluación social positiva de la decisión de mejorar la infraestructura pública de agua en el caso de Maraxco podría replicarse en muchas comunidades similares de Guatemala y la región. Ante esto es importante considerar cuáles opciones podrían facilitar la mejora en dichos sistemas. Al respecto, dados los escasos ahorros con que cuentan muchas de las organizaciones comunitarias que administran estos sistemas, se deberían mejorar las condiciones institucionales del país para facilitar el acceso al financiamiento para la construcción de infraestructura comunitaria de agua. Además, se debería dar mayor apoyo a estas organizaciones para el diseño de estrategias que garanticen la sostenibilidad financiera de los sistemas comunitarios de agua y el mantenimiento adecuado de los mismos. Este último aspecto es fundamental porque no basta con construir nuevos sistemas de agua en comunidades como Maraxco sino que además se debería invertir en las instituciones locales de gobernanza que puedan garantizar que estas inversiones se mantengan y renueven adecuadamente en el tiempo gracias a la coordinación exitosa de la acción colectiva local en procura de un servicio de agua eficiente y oportuno.

Estos son insumos clave para el diseño de políticas públicas orientadas a mejorar los suministros de agua en el corredor seco Centroamericano, particularmente en Guatemala. Además, los mismos pueden servir como elementos iniciales para diseñar estrategias de adaptación al cambio climático en este sector, el cual podría verse severamente afectado en el futuro cercano por el efecto combinado de sequías más frecuentes e intensas, además de la demanda creciente de agua de una población en aumento.

5. BIBLIOGRAFÍA

ADB. 2011. Accounting for health impacts of climate change. Mandaluyong City, Philippines, Asian development bank 30 p. Consultado 28 de Noviembre de 2014. Disponible en <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/28976/health-impacts-climate-change.pdf>.

Agrawal, A.; McSweeney, C.; Perrin, N. 2008. Local institutions and climate change adaptation.

Arias, A.v.d.Z.; Zee, J.v.d.; Meyrat, A.; Poveda, C.; Picado, L. 2012. Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Vargas, J.C.C.; Zelaya, C.A.; Meijer, S. eds. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 90 p. (Tomo I) Consultado 27 de Diciembre 2013. Disponible en http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/tomo1_corredor_seco.pdf.

Bank, W. 2011. Area-Based Development, Local Institutions & Climate Adaptation: A Comparative Analysis from West Africa and Latin America. Washington, DC., World Bank. Consultado 30 de Noviembre 2014.

Boardman, A.E.; Greenberg, D.H.; Vining, A.R.; Weimer, D.L. 2001. Cost and benefit analysis: concepts and practice. Segunda ed. United States of America, Prentice Hall, Inc. 526 p.

Castellanos, E.; Matinez, M.; Martinez, D.; Medinilla, O.; Alfaro, G.; Garcia, M. 2013. Evaluacion del bienestar humano y ambiente, en el corredor seco oriental de Guatemala 1ed. Guatemala, Ciudad, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. 40 p. Consultado 10 de Noviembre 2013. Disponible en http://www.pnud.org.gt/data/publicacion/Informe_5_Final.pdf.

CEPAL. 2010. La economía del cambio climático en Centroamérica: síntesis 2010. Santiago de Chile, CEPAL. (Documentos de Proyectos e Investigaciones) Consultado 29 de Noviembre 2014. Disponible en <http://www.cepal.org/es/publicaciones/la-economia-del-cambio-climatico-en-centroamerica-sintesis-2010>

Cohen, E.; Martínez, R. 2005. Formulación, evaluación y monitoreo de proyectos sociales CEPAL. (Manual) Consultado 19 de Diciembre

2014. Disponible en http://www.cepal.org/dds/noticias/paginas/8/15448/Manual_dds_200408.pdf.
- Courant, P.; Porter, R. 1981. 'Averting Expenditure and the Cost of Pollution' *Journal Of Environmental Economics And Management* (8): 321-329 Consultado 22 de Noviembre 2014.
- Chaudhri, R.; Sodt, R.; Lieberg, K.; Chilton, J.; Borriello, G.; Masuda, Y.J.; Cook, J. 2012. Low-power Sensors and Smartphones for Tracking Water Collection in Rural Ethiopia *IEEE Pervasive Computing*: 11. Consultado 04 de Noviembre 2014. Disponible en <http://www.computer.org/csdl/mags/pc/2012/03/mpc2012030015-abs.html>.
- Chinchilla, F. 2010. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea maraxco y mejoramiento del tramo carretero que conduce a la aldea shusho arriba, municipio de chiquimula Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 215 p. Consultado 25 de Febrero de 2015.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Gonzalez, L.A.; Tablada, E.M.; Díaz, M.d.P.; Robledo, C.W.; Balzarini, M.G. 2008. *Estadística para las Ciencias Agropecuarias*. Séptima ed. Córdoba, Argentina, Editorial brujas 356 p.
- Hanemann, M.; Loomis, J.; Kanninen, B. 1991. Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation. *American Journal of Agricultural Economics* (4): 1255-1263. Consultado 01 de Diciembre 2013. Disponible en <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. . from Worldclim <http://www.worldclim.org/>.
- INE. 2013. Encuesta Nacional de empleos e Ingresos. Guatemala, Gobierno de Guatemala. 53 p. Consultado 25 de Septiembre 2014. Disponible en <http://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/01/08/eSwVI9IGfRjYHtE8Bc6ta7vnq6xh1ADJ.pdf>.
- ISR, L.d. Diaro Oficial de Centro America. Guatemala. 2012. Consultado 12 de Agosto de 2014. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/161276552/Ley-Del-ISR-Guatemala-Actualizada-Al-Decreto-4-2012>.
- Jeuland, M.; Lucasa, M.; Clemensb, J.; Whittington, D. 2010. Estimating the private benefits of vaccination against cholera in Beira, Mozambique: A travel cost approach. *Development Economics* (91): 310–322. Consultado 05 de Noviembre 2014.
- Kundzewicz, Z.; Mata, L.; Arnell, N.W.; Döll, P.; Jimenez, B.; Miller, K.; Oki, T.; Şen, Z.; Shiklomanov, I. 2008. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management.
- Kundzewicz, Z.W., L.J ; Mata, N.W.A., P ; Döll, P.K., B; Jiménez, K.A.M., T; Oki, Z.S.; Shiklomanov, I.A. 2007. Freshwater resources and their management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (173-210): 37. Consultado 13 de Noviembre 2013. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter3.pdf>.
- Lastra, R.P. 2000. Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. 13 ed. Sistema de Información Científica, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. 263-276 p. Consultado 13 de diciembre 2014. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/267/26701313.pdf>.
- Loomis, J.B. 1988. An introduction to contingent valuation using dichotomous choice models. *Journal of Leisure Research* (20): 46-56. Consultado 10 de Noviembre de 2013.
- Madrigal, R.; Naranjo, M. 2013. Adaptive capacity, drought and the performance of community-based drinking water organizations in Costa Rica. *EfD-Working paper*.
- Mansilla, E. 2010. Elementos y Patrones del riesgo de Sequía en America Central. ONU. (Global Assesment report on disaster risk reduction) Consultado 15 de Febrero de 2014. Disponible en http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/Brenes_2010.pdf.
- Masuda, Y.J.; Fortmann, L.; Gugerty, M.K.; Smith-Nilson, M.; Cook, J. 2012. Pictorial Approaches for Measuring Time Use in Rural Ethiopia. *Springer Science*: 467–482. Consultado 04 de Noviembre 2014.
- Nauges, C.; Strand, J. 2007. Estimation of non-tap water demand in Central American cities. *Resource and Energy Economics* (3): 165-182. Consultado 18 de Noviembre 2013.
- Nauges, C.; Berg, C.v.d. 2009. Demand for Piped and Non-piped Water Supply Services: Evidence from Southwest Sri Lanka. *Environ Resource Econ* (42): 535–549. 10.1007/s10640-008-9222-z.
- Nauges, C.; Strand, J.; Walker, I. 2009. The value of water connections in Central American cities: a revealed preference study. *Environment and Development Economics* (03): 349 - 370 Consultado 20 de Noviembre 2013. 10.1017/S1355770X08004816
- Nauges, C.; Whittington, D. 2010a. Estimation of water demand in developing countries: An overview. *The World Bank Research Observer* (2): 263-294. Consultado 16 de Noviembre del 2013. Disponible en <http://tse-fr.eu/lerna/travaux/cahiers2008/08.20.264.pdf>.

- Nauges, C.; Whittington, D. 2010b. Estimation of water demand in developing countries: An overview. *Oxford Journals*: 263–294. Consultado 18 de Noviembre 2013. Disponible en wbro.oxfordjournals.org 10.1093/wbro/lkp016.
- ONU. 2016. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe Ed. Cepal. Santiago, Chile, 50 p. Disponible en <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Pattanayak, S.K.; Yang, J.-C. 2005. Coping with unreliable public water supplies: Averting expenditures by households in Kathmandu, Nepal. *WATER RESOURCES RESEARCH (W02012)*: 11. Consultado 07 de Noviembre 2013. 10.1029/2003WR002443.
- Pattanayak, S.K.; Yang, J.-C.; Whittington, D.; Kumar, K.B. 2005. Coping with unreliable public water supplies: averting expenditures by households in Kathmandu, Nepal. *WATER RESOURCES RESEARCH (2)*: W02012. Consultado 14 de Noviembre 2013.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. C. (1998). *Metodología de la investigación (Vol. 1)*. México: Mcgraw-hill.
- Scheaffer, R.; Mendenhall, W.; Otto, L. 1990. *Elementary survey sampling*. Massachusetts. EU, PWS-KENT Publishing Company. 390 p. (The Duxbury advanced series in statistics and decision sciences)
- SEGEPLAN. 2008. *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala*. Gobierno de Guatemala Banco interamericano de desarrollo. Consultado 20 de Noviembre del 2013.
- Strand, J.; Walker, I. 2004. Water markets and demand in Central American cities. *Inter-American Development Bank*: 32. Consultado Septiembre 20 de 2014. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=303670&fileId=S1355770X05002093>.
- Vagliente, P.; Ochoa, E.; Burt, L.S.y.P.; Angola, C.d.; Ruiz, L. 2011. *Modelos de Gobernabilidad Democrática para el Acceso al Agua en América Latina*. Fundación AVINA. 83 p. Consultado 12 de Octubre 2014. Disponible en <http://avina.net/esp/wp-content/uploads/2011/11/agua.pdf>.
- Van Horne, J.C.; Wachowicz, J.M. 2002. *Fundamentos de administración financiera*, Pearson 746 p. Disponible en: <https://catedrafinancierags.files.wordpress.com/2014/09/fundamentos-de-administracion-financiera-13-van-horne.pdf>
- Vasquez, W.F. 2012. Reliability perceptions and water storage expenditures: Evidence from Nicaragua. *Water Resources Research*: 8. Consultado 02 de Noviembre 2013. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011WR011024/full> doi:10.1029/2011WR011024.
- Whitehead, J.C.; Pattanayak, S.K.; Houtven, G.L.V.; Gelso, B.R. 2008. Combining revealed and stated preference data to estimate the nonmarket value of ecological services: An assessment of the state of the science. *Journal of Economic Surveys (5)*: 872-908. Consultado 10 de Noviembre de 2013.
- Whittington, D.; Mu, X.; Roche, R. 1990. Calculating the Value of Time Spent Collecting Water: Some Estimates for Ukunda, Kenya. *World Development*: 269-280. Consultado 15 de Septiembre 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0305750X9090052Y>.
- Whittington, D. 2002. Improving the Performance of Contingent Valuation Studies in Developing Countries. *Environmental and Resource Economics*: 323–367. Consultado 26 de Noviembre 2013.
- Wooldridge, J.M. 2006. *Introducción a la econometría, un enfoque moderno*. United States of America, Michigan State University 904 p.

ANEXO.

Ubicación del área de estudio dentro de la zona de Sequía del corredor seco de Centroamérica, Guatemala

La comunidad de estudio se encuentra ubicada en el corredor Seco Centroamericano en el territorio correspondiente a Guatemala. En la figura 1 se observa la distribución de las precipitaciones históricas para tres países de Centro América (Guatemala, Nicaragua y Costa Rica).

Así mismo, en la Figura 2 se muestra la ubicación de los hogares muestreados en el corredor seco de Guatemala. Dentro Guatemala, el corredor se extiende principalmente por cinco departamentos: Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, El Progreso y Zacapa. En el caso de la comunidad de estudio, se ubica en la cabecera departamental de Chiquimula.

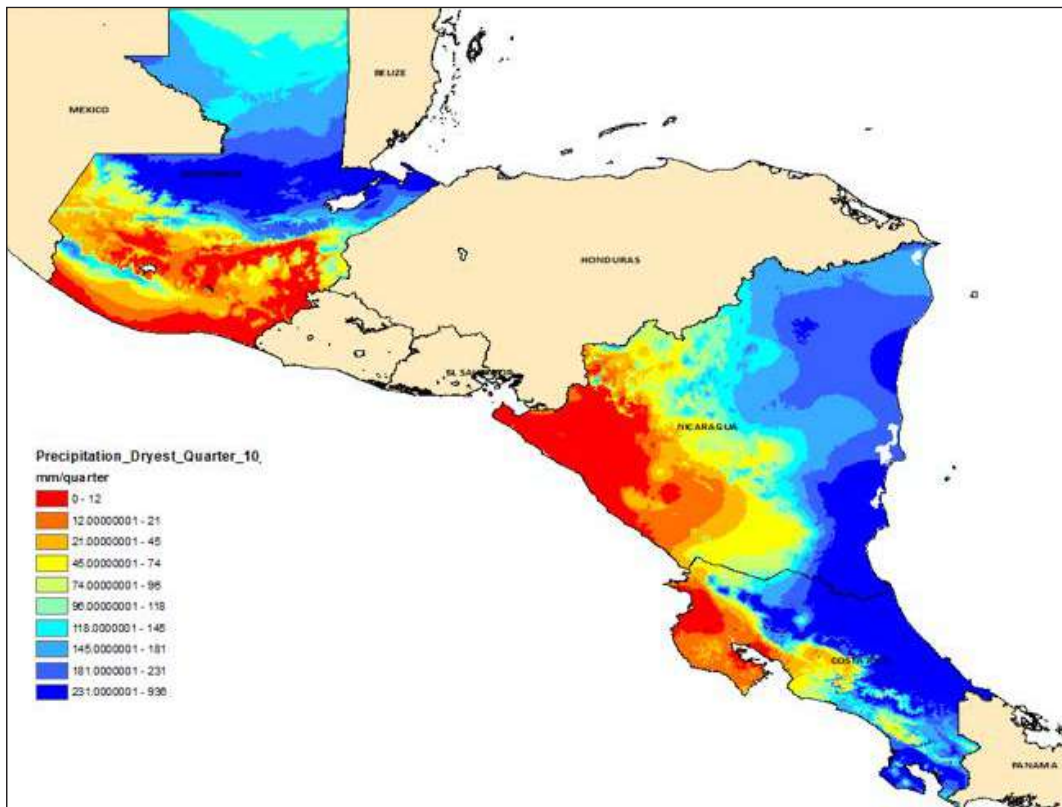


Figura 1. Distribución de las precipitaciones históricas en tres países del corredor seco centroamericano. Fuente: Proyecto AC3, Water for human consumption, communities and climate change: expected impacts and adaptation in Central America.

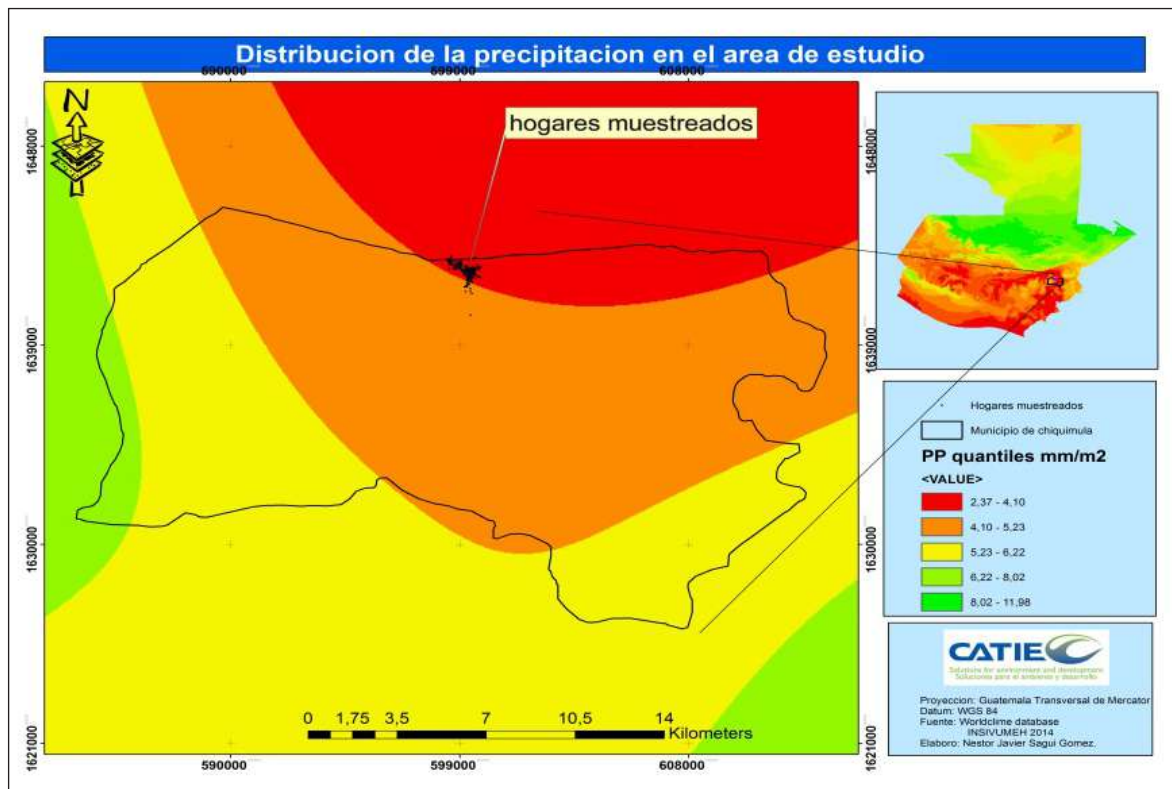


Figura 2. Ubicación del área de estudio en las zonas de sequía de acuerdo a registros de los últimos 50 años. Fuente: elaboración propia con datos de INSIVUMEH (2014)¹

¹ Base de datos de estaciones meteorológicas del instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH de Guatemala