

II. ARTÍCULO CIENTÍFICO

Abastecimiento de agua en comunidades bajo condiciones de sequía: análisis costo-beneficio del sistema de provisión de agua potable en la comunidad Maraxco, Chiquimula, Guatemala

Nestor Javier Sagui Gómez
Escuela de Posgrado CATIE

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de la investigación que se llevó a cabo en la comunidad Maraxco, Chiquimula, Guatemala. El estudio se centró en documentar el comportamiento de los hogares que experimentan escasez de agua de consumo doméstico, debido a las deficiencias en el sistema comunitario de agua. La comunidad Maraxco, históricamente, ha estado bajo condiciones de sequías prolongadas, lo cual ha contribuido a limitar la cantidad de agua de consumo doméstico y, por ende, la capacidad y eficiencia de su sistema comunitario de agua. La investigación identificó las distintas medidas de adaptación implementadas por los hogares, cuantificó los costos asociados a cada una de ellas y estimó el beneficio social neto que se alcanzaría con la construcción de un nuevo sistema comunitario de agua entubada, el cual se supone que evitaría que los hogares realicen las actividades adicionales (adquirir agua de los ríos y quebradas, compra de agua con vendedores privados e invertir en infraestructura de almacenamiento) e incurran en diferentes costos tanto directos como indirectos. Para estimar el nuevo sistema, se utilizaron dos métodos de valoración económica complementarios entre sí: el método de costos evitados de las medidas de adaptación y la voluntad de pago por un nuevo sistema de abastecimiento de agua -DP-. Los resultados de la investigación indican que los hogares de la comunidad enfrentan la ineficiencia del servicio comunitario de chorros públicos mediante tres grupos de medidas de adaptación: 1) colecta y acarreo, 2) compra, y 3) almacenamiento de agua. En promedio, todas estas medidas imputan a cada hogar costos mensuales de 15.14 US\$ (115.20 quetzales) al mes, 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. Los costos por colecta y acarreo representan el 2.45% de los ingresos mensuales del jefe de hogar. En su mayoría, estos implican un aspecto importante, el valor monetario del tiempo, el cual representa el 34.03% de los costos totales de las medidas de adaptación. Los costos por compra de agua representan el 4.30%, mientras que el almacenamiento significa el 0.46%. Finalmente, se encontró que la construcción de un nuevo proyecto comunitario de agua entubada es rentable y proporciona ganancias sociales expresadas como un beneficio social neto -BSN- de 267,965.76 US\$ (2,039,219.43 quetzales), para 30 años del proyecto expresados en valores del presente -VAN- para toda la comunidad.

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

1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los Estados del mundo, la preocupación por la problemática de acceso al agua en las comunidades ha incrementado en los últimos años. Esta preocupación surge a partir de datos que estiman que 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).

La actual problemática relacionado con el agua potable motivó a que el acceso a este recurso, en cantidad y calidad, se reconociera como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida (ONU 2010). Adicionalmente a este estatus, el acceso al agua es un eje principal de trabajo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Aquí, se presta especial atención a las áreas rurales, en donde se concentra la mayor población que aun depende de fuentes de abastecimiento de agua como pozos protegidos, fuentes públicas, bombas manuales y captación de agua de lluvia (UNICEF 2013).

Existen altas probabilidades de que el aumento de la frecuencia de las sequías agrave de manera drástica las condiciones y la problemática que, actualmente existe, en el acceso a los recursos de agua superficial y subterránea, principalmente en zonas como la costa pacífica centroamericana, que va desde Costa Rica hasta Guatemala. Esta región se conoce como corredor de sequía centroamericano, ya que históricamente ha sido afectado por fenómenos climáticos extremos de sequía, como el fenómeno del niño (Benegas et al. 2006; UNNFCC 2006; IPCC 2014). En toda esta zona, las comunidades rurales son las más afectadas, debido a su limitada capacidad para adaptarse a situaciones extremas de acceso al agua (IPCC 2007; IPCC 2014).

En el caso de Guatemala, las condiciones de sequía que limitan la disponibilidad del agua se ubican en la región denominada corredor seco oriental de Guatemala. Dentro de este corredor, existen zonas específicas, como los departamentos de Zacapa y principalmente Chiquimula, donde las precipitaciones bajan hasta 400mm/año, situación que pone en riesgo a sus 2,929,053 habitantes (Arias et al. 2012; Castellanos et al. 2013). Existen datos concretos que evidencian la vulnerabilidad a las sequías de los poblados del corredor seco oriental de Guatemala. Por ejemplo, datos locales de las estaciones meteorológicas ubicadas en el departamento de Chiquimula y Zacapa, también ubican al municipio de Chiquimula, pero específicamente a la comunidad Maraxco, como la zona con menores precipitaciones históricas de los últimos 50 años ($<6\text{mm/m}^2$) para el periodo más seco del año Enero-Abril (INSIVUMEH 2014).

Las condiciones climáticas de zonas como el municipio de Chiquimula hacen que el clima y la disponibilidad de agua de consumo humano estén estrechamente relacionadas (IPCC 2007; Kundzewicz et al. 2007; Döll 2008; IPCC 2014). Pese a su relación, pocos estudios, o ninguno del todo, han hecho énfasis en estudiar cómo la sequía impulsa a las personas o comunidades a tomar acciones defensivas o medidas de adaptación para afrontar la escasez de agua de consumo humano y la forma en que estas actividades pueden impactar en el bienestar de las comunidades rurales. Estas últimas, en su mayoría, son las de menor capacidad para responder a las condiciones actuales y posibles efectos del cambio climático (Castellanos *et al.* 2013; IPCC 2014).

A propósito de las comunidades rurales, en el país existe desatención y poca presencia de organizaciones gubernamentales responsables de promover el saneamiento y provisión básica de agua de consumo humano, situación que ha impulsado a que estas comunidades tomen

responsabilidad para gestionar y administrar el agua (SEGEPLAN 2008). Bajo este contexto, en la Comunidad Maraxco, los costos de operación y mantenimiento son asumidos por la misma comunidad, quienes a través de su comité de agua local (OCSAS), gestionan el abastecimiento y mantenimiento del sistema comunitario de agua entubada para atender a la totalidad de sus habitantes (Chinchilla 2010; Vagliente *et al.* 2011).

Aún con la situación compleja de acceso al agua que enfrentan las comunidades rurales como Maraxco, la mayoría de estudios sobre adaptación ante condiciones climáticas actuales (sequías) y proyectadas (cambio climático) se han enfocado a nivel global y regional (p. ej., a nivel de 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 realizar estimaciones adecuadas sobre los costos de la implementación de las acciones de adaptación y los beneficios esperados.

Las estimaciones locales tienen como fin último tomar de decisiones respecto de la conveniencia de adaptarse y la escogencia del tipo de adaptación, para responder a las preguntas de cuándo y cuánto adaptarse (Agrawal *et al.* 2008). Además, las estimaciones locales brindan información microeconómica importante que permite someter a evaluaciones de costo-beneficio las mejoras o construcciones que se realicen en los sistemas comunitarios de agua entubada (Nauges y Strand 2007). Construir o mejorar los sistemas comunitarios de distribución de agua, con el fin de hacerlos más eficientes, también constituye un indicador relevante de la capacidad adaptativa de la comunidad para mejorar la oferta de agua para los hogares, y enfrentar condiciones adversas actuales y proyectadas de cambio climático (Kundzewicz *et al.* 2008).

El vacío de información, en cuanto a la adaptación local y la importancia que esta tiene para la toma de decisiones, es el principal motivo para llevar a cabo esta investigación. Adicionalmente, las condiciones climáticas históricas predominantes en la comunidad Maraxco en Chiquimula llevaron a considerarla como un escenario adecuado para estudiar la manera en que las sequías contribuyen a la ineficiencia del sistema comunitario de agua e impulsan a los hogares a tomar acciones adicionales o medidas de adaptación, para hacer frente a estas condiciones y lograr el abastecimiento de agua de consumo doméstico.

Para estudiar los aspectos relacionados con la sequía y el acceso al agua de consumo doméstico, se utilizó información proveniente de una muestra aleatoria de 300 entrevistas dirigidas a jefes de hogar de la comunidad Maraxco, Chiquimula, Guatemala. Se tuvieron como objetivos principales identificar las medidas de adaptación y los costos que estas representan para los hogares de la comunidad, así como hacer un análisis de costo-beneficio para establecer la viabilidad económica de construir un nuevo sistema comunitario de agua entubada eficiente y que brinde conexiones domiciliarias a los hogares. Para este último análisis, se contó con dos elementos: los costos de inversión en infraestructura para construir dicho sistema y los beneficios sociales derivados de dicha construcción. Los beneficios sociales se estimaron articulando dos metodologías de valoración económica: por una parte, los costos evitados de las medidas de adaptación; por otra, la aplicación de valoración contingente para establecer la disposición a pagar –DP– por tener un nuevo sistema comunitario de agua entubada, partiendo del supuesto de que los hogares pueden evitar las medidas de adaptación al contar con el sistema comunitario.

Los resultados de la investigación indican que los hogares enfrentan la sequía y se abastecen de agua mediante tres tipos diferentes de medidas de adaptación: 1) colecta y acarreo, 2) compra y 3) almacenamiento de agua. En promedio, todas estas medidas imputan a cada hogar costos mensuales de 15.14 US\$ (115.20 quetzales) al mes, 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. Finalmente, se encontró que la construcción de un nuevo proyecto comunitario de agua entubada es rentable y proporciona un beneficio social neto –BSN– de 267,965.76 US\$ (2,039,219.43 quetzales), para 30 años del proyecto expresados en valores del presente –VAN– para toda la comunidad.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En la comunidad Maraxco, la ineficiencia del actual del sistema comunitario de agua entubada distribuida por chorros públicos ha impulsado a los hogares a tomar acciones adicionales (en este artículo, se denominarán *medidas de adaptación*) para el abastecimiento, bajo un escenario hostil de sequías históricas prolongadas. De acuerdo con Murtinho y Hayes (2008), en el manejo de recursos comunes, como es el caso de sistemas comunitarios de agua, implementar acciones adicionales a nivel del hogar para enfrentar amenazas exógenas (sequías) se enmarca dentro del concepto de adaptación individual. La adaptación colectiva se refiere al momento en que se involucran diferentes actores de la comunidad.

La adaptación individual o colectiva es muy importante en zonas como la que se estudia en esta investigación (Corredor seco oriental de Guatemala), pues las proyecciones más recientes indican que el poco acceso al agua, que ya experimentan las comunidades, puede agravarse, debido a aspectos ambientales como el incremento de las sequías y los efectos potenciales del cambio climático. Esta desmejoría se sugiere, principalmente, en ciertas regiones de latitudes bajas (climas áridos y semiáridos) y zonas tropicales, donde la cantidad de agua superficial y subterránea se verá muy disminuida (IPCC 2007; Kundzewicz *et al.* 2007; Döll 2008; IPCC 2014). Estas condiciones proponen una fuerte relación entre sistemas de abastecimiento de agua entubada y causas climáticas, y la probabilidad de que las deficiencias en estos sistemas respondan a estas últimas. Sin embargo, no se deben descartar por completo otras causas para los problemas, como la ausencia de sistemas de distribución de agua entubada, malos servicios de aprovisionamiento público y pobre gestión de la organización a cargo del abastecimiento (Kundzewicz *et al.* 2007; Murtinho y Hayes 2008; Pettengell 2010; Vagliente *et al.* 2011).

Bajo el anterior esquema de análisis, es importante considerar las principales acciones que se han propuesto para abordar la problemática de escasez de agua de consumo doméstico. En esta línea, es importante promover la adaptación y tomar acciones que mejoren la oferta de agua para los consumidores (Kundzewicz *et al.* 2008). Al mejorar la conducción y eficiencia de los sistemas de agua entubada, se contribuye directamente a las acciones de adaptación, con el fin mejorar la oferta de agua ante condiciones adversas como las sequías y el cambio climático en general. Implementar de forma exitosa de estas acciones implica contar con información detallada sobre los costos por efectuarlas y los beneficios que se esperan de ellas, con el fin último de determinar el momento adecuado para adaptarse y los gastos implicados (Agrawal *et al.* 2008). Esta información permite

implementar acciones de adaptación encaminadas a reducir la vulnerabilidad de las poblaciones ante cambios climáticos actuales y proyectados (Kundzewicz *et al.* 2007).

La mayoría de estudios y reportes que proporcionan información importante sobre adaptación a condiciones climáticas se han desarrollado a nivel de países en desarrollo y estimaciones globales. En este último nivel (global), existen muchos vacíos de información y estimaciones de costos muy amplios, que van desde 4000 millones dólares a \$ 109 mil millones al año (Margulis *et al.* 2010). Por otra parte, el Banco Mundial presenta reportes relacionados con la adaptación a condiciones de mayores temperaturas, 2°C más, para el periodo comprendido entre 2010-2050. Se indica que los costos podrán variar entre \$75 billones a los \$100 billones por año y que, en las partes del mundo donde se ha visto un descenso en la disponibilidad de agua, se mantendrá este declive, por lo que los costos de adaptación en estas zonas irán en aumento (Margulis *et al.* 2010).

Bajo este mismo nivel de estimaciones, Ward *et al.* (2010) presentan costos parciales de adaptación en el sector industrial y el suministro de agua para uso doméstico. Estiman \$ 12 mil millones al año, con 83% a 90% en los países en desarrollo concentrados en la región de Africana subsahariana, seguido por la región de América Latina. Por su parte, CEPAL (2010) indica que para los países de Centroamérica, en el sector de recursos hídricos, las alteraciones que ya existen en el ciclo hidrológico provocarán periodos de sequías más severos. Aquí, un aumento de la población provocaría que la demanda de agua incremente en casi 300% para el año 2050 y más de 1600% para el 2100. Ahora bien, estos datos se establecen a partir de un escenario tendencial sin medidas de ahorro y sin cambio climático. Con cambio climático, la demanda podría aumentar 20% más que en este escenario base y los costos acumulados entre los sectores agrícola, de recursos hídricos, biodiversidad y huracanes, para el año 2100, equivaldrían a 44 mil millones de dólares o aproximadamente 32% del PIB del año 2008.

Los estudios y reportes de adaptación para el sector hídrico mencionados aun carecen de estimaciones locales de costos específicos, que permitan tomar decisiones de inversión pública o estrategias exitosas de adaptación local. La importancia de las estimaciones locales radica en que estas brindan información microeconómica que permite someter a análisis de costos-beneficio los cambios en la disponibilidad de agua para afrontar la escasez. Adicionalmente, estas estimaciones son una herramienta significativa para justificar inversiones en los sistemas de agua de consumo doméstico y tomar acciones políticas más acertadas (Nauges y Strand 2007).

Existen investigaciones científicas que se han llevado a cabo en países en vías de desarrollo para estudiar la escasez de agua a nivel local. Aunque no atribuyen la escasez, explícitamente, a las sequías o variabilidad climática, brindan elementos metodológicos fundamentales para entender el comportamiento de los hogares ante circunstancias de escasez y las implicaciones económicas. Nauges y Strand (2007); Nauges y Whittington (2010a) hacen una revisión completa de estas investigaciones, e indican que el estudio de la escasez de agua en términos generales es el enfoque local más abordado en diferentes países en vías de desarrollo. Estos estudios han brindado información microeconómica precisa para documentar el comportamiento de los hogares frente a la escasez, hacer inferencias sobre efectos en el bienestar de los hogares y someter a análisis de costo-beneficio las inversiones que se realicen en los sistemas de agua.

En el enfoque teórico de investigación que enfatiza la escasez de agua, en términos generales, existen dos escenarios de análisis. Por un lado, existen estudios que se refieren a la escasez de agua, debido a la *ausencia* de sistemas públicos de abastecimiento de agua. Por el otro, existen los aquellos que se refieren a la escasez de agua, a causa de las *deficiencias* en dichos sistemas. Estos dos escenarios se abordan en este análisis, con el fin de poner en contexto las diferentes acciones que realizan los hogares para abastecerse bajo las condiciones históricas de sequías que predominan en la comunidad Maraxco.

En los hogares que no poseen sistemas públicos de abastecimiento, se han documentado acciones para suplir las necesidades de agua de consumo doméstico. Estas corresponden a coleccionar agua de pozos privados o públicos, comprar agua de camiones, acarrear agua proporcionada por vecinos, captar agua de las lluvias y coleccionar agua de los ríos o de corrientes de agua superficial (Strand y Walker 2004). Todas estas medidas han determinado los precios del agua para algunas zonas urbanas de Guatemala, en las que se han estimado valores de 5.73 USD por metro cúbico. En contraste, para los hogares con sistemas públicos de abastecimiento, el costo estimado por metro cúbico es muy inferior, desde 0.22 USD (Strand y Walker 2004; Nauges *et al.* 2009).

Las diferencias en los precios estimados bajo los dos escenarios se deben, en gran parte, a que los hogares sin sistemas públicos de abastecimiento invierten más tiempo para coleccionar y acarrear agua desde las fuentes de agua hasta las viviendas (Strand y Walker 2004; Nauges *et al.* 2009). Esta situación ha sido estudiada en barrios marginales de Guatemala, donde se encontró que el agregado de los tiempos de colecta al mes por hogar (tiempo hacia la fuente, tiempo de colecta y tiempo de vuelta) varía entre 8.48 hasta 24.22 horas, mientras que en otras ciudades de Centroamérica el tiempo promedio de colecta por hogar es de 11 horas (Nauges *et al.* 2009). Bajo este mismo escenario, Nauges y Strand (2007); Nauges y Whittington (2010a) encontraron que, en diferentes ciudades de Centroamérica, el tiempo de colecta por metro cúbico varía entre las diferentes fuentes de agua utilizadas. Estos tiempos van desde 203 minutos hasta 741, cuando la colecta se hace desde fuentes privadas (ríos, chorros y pozos), y desde 153 a 406 minutos cuando se realiza desde fuentes públicas (ríos, chorros y pozos).

Por otra parte, Nauges y Berg (2009), con evidencias de países en desarrollo, documentaron acciones realizadas por los hogares que poseen servicios públicos de provisión de agua intermitentes. En estos casos, los hogares también se abastecen de otras fuentes de agua, invirtiendo en promedio 5 minutos cada vez que visitan una fuente privada (pozos o chorros). Esta situación difiere de las fuentes públicas (pozos públicos y chorros públicos), donde solamente por esperar el turno de colecta las personas invierten entre 7-8 minutos más.

Para estimar el tiempo que los hogares invierten para coleccionar y acarrear agua, bajo los escenarios antes descritos, se considera el tiempo para viajar hacia la fuente, permanecer en ella para hacer la colecta y el tiempo para regresar a la comunidad o el hogar (Nauges y Strand 2007; Nauges y Whittington 2010a). En todos los casos, se ha recuperado la información sobre el tiempo empleando el método de entrevistas directas a cada hogar. Este, de acuerdo con Masuda *et al.* (2012) puede tener sesgos implícitos, pues la exactitud de la medición depende de la apreciación y la memoria del tiempo que tenga la persona consultada. Sin embargo, constituye un método

relevante e imprescindible cuando las investigaciones se realizan en escenarios socioeconómicos complejos y con recursos económicos limitados (Chaudhri *et al.* 2012).

El tiempo de colecta que se ha estimado en las investigaciones se ha utilizado para asignar un valor monetario al tiempo total que invierten los hogares en esta actividad. En este sentido, las investigaciones llevadas a cabo en países en vías de desarrollo han realizado el procedimiento utilizando el costo de oportunidad del tiempo y tasas promedio, las cuales van desde el 20% al 83% del valor del salario de los sectores productivos no calificados (Whittington *et al.* 1990; Pattanayak y Yang 2005; Jeuland *et al.* 2010). Con este ejercicio de valoración del tiempo, se han dado pasos fundamentales para conocer la importancia del costo sombra que este representa en la demanda de agua y en los costos para afrontar la escasez de agua en general. En relación con este aspecto, Nauges y Strand (2007) indican que las estimaciones monetarias del tiempo que no diferencian por miembro de la familia u hogar pueden sobreestimar el costo de oportunidad del tiempo y, por ende, el valor monetario del tiempo en general, debido a la participación de los niños en las labores de colecta y acarreo, y a las diferencias que existen entre hombres y mujeres.

Es importante considerar que, en muchos casos, la colecta de agua la realizan diferentes miembros de la familia, incluyendo a los niños, como se mencionó anteriormente. De acuerdo con Nauges y Strand (2007); Nauges y Whittington (2010a), esta participación no se ha podido observar directamente en los estudios llevados a cabo en Centroamérica y otros países en desarrollo, los cuales se limitan a tomar el tiempo total del hogar para, posteriormente, asignar un valor monetario al tiempo invertido. Otro elemento importante, no observado directamente en estos estudios, es la forma de realizar la colecta; es decir, si esta se efectúa utilizando vehículos y animales, o simplemente a pie. Ante tales limitaciones, no ha sido posible establecer con exactitud cómo estos dos elementos (quién realiza la colecta y cómo se hace) influyen directamente en los costos de los hogares para realizar la colecta y acarreo de agua y, por ende, en los costos para enfrentar la escasez (Nauges y Strand 2007).

Además de la cuantificación de los costos de colecta y acarreo, existen al menos dos actividades adicionales que comúnmente realizan los hogares para enfrentar la escasez de agua: a) almacenamiento de agua, con costos mensuales de US\$ 1.22 para los hogares con sistema público deficiente (conectados) y 1.29 US\$ para los hogares sin ningún sistema de provisión de agua (no conectados), b) compra de agua, con costos mensuales de 21.35 US\$ para los hogares conectados y 12.08 US\$ para los hogares no conectados. En este último caso, la compra de agua estuvo influenciada por el nivel económico de los hogares conectados, ya que la mayoría de ellos (82%) son de la clasificación no pobres (ingresos mensuales >118 US\$), quienes en promedio gastan al mes US\$ 20. También, se estudiaron los costos por colecta. Se encontraron valores de 1.58 US\$ mensuales para los hogares conectados y 1.60 US\$ para los no conectados (Pattanayak *et al.* 2005). En este mismo estudio, se encontró que los costos por colecta y acarreo pueden llegar a representar hasta el 45% del total de costos del hogar para enfrentar la escasez, las acciones de bombeo el 10% y la compra de agua 2% (Pattanayak *et al.* 2005).

En cuanto a las actividades de almacenamiento, es importante indicar que estas constituyen una de las acciones más comunes que realizan los hogares centroamericanos para enfrentar escasez de agua, por ello se ha estudiado de forma independiente. En este sentido, Vasquez (2012), con

evidencias de un estudio dirigido en Nicaragua Centroamérica, encontró que la inversión que los hogares realizan en diferentes recipientes de almacenamiento es de 18 USD por año, lo cual puede llegar a representar el 0.87% de los ingresos de todo el hogar al mes.

Los diferentes costos antes descritos son los más importantes para enfrentar escasez de agua. Estos pueden ser evitados o mitigados con el mejoramiento o construcción de nuevos sistemas de abastecimiento de agua entubada, los cuales deberían tener características de eficiencia y fiabilidad para las poblaciones. Por esta razón, Pattanayak y Yang (2005) indican que es sumamente importante conocer el valor económico de las mejoras o construcciones que se realicen en los sistemas de provisión pública. Ahora bien, este es un tema complicado, debido a que el agua potable en cantidad y calidad, distribuida por dichos sistemas, es un bien de no mercado.

Para inferir estos valores de no mercado, se hace uso de métodos económicos de valoración ambiental. En este sentido, el método de preferencias reveladas denominado *costos o comportamientos evitados* es uno de los cuales ha permitido estimar el valor del agua de consumo doméstico distribuido por un nuevo sistema de agua entubada. Esta estimación se llevó a cabo cuantificando los bienes de mercado o bienes sustitutos (medidas de adaptación) utilizados para adquirir dicho recurso bajo las condiciones actuales de escasez (Whitehead *et al.* 2008). La valoración implicó estimar los costos de las diferentes medidas de adaptación (bienes sustitutos) que actualmente están implementando los hogares de la comunidad Maraxco, Chiquimula Guatemala para lograr el abastecimiento (Pattanayak y Yang 2005), costos que, en su conjunto, también constituyen el valor para cada hogar por adaptarse a la escasez de agua debido, en gran parte, a las sequías.

Para complementar el análisis anterior, se hace uso del método de valoración económica de preferencias enunciadas denominado valoración contingente -VC- (Whitehead *et al.* 2008). Este método permite establecer un escenario hipotético en el cual los hogares manifiesten la disposición a pagar (p.ej., DP) por mejorar el abastecimiento de agua a través de la construcción de un nuevo sistema comunitario de agua entubada (Whittington 2002). Por su parte, Whitehead *et al.* (2008) indican que articular los dos métodos de valoración económica (costos evitados de las medidas de adaptación y VC) permite que los datos analizados de forma conjunta validen la hipótesis que se busca demostrar. Para esta investigación, la hipótesis indica que, bajo condiciones de sequía y escasez de agua, existe la necesidad común y una disposición, por parte de los hogares, a pagar por un nuevo sistema comunitario de agua entubada, que les evite o mitigue los diferentes costos de las medidas de adaptación y, en consecuencia, les brinde un cambio en el bienestar, expresado como el beneficio social neto (Pattanayak y Yang 2005).

Bajo este mismo enfoque teórico, Whitehead *et al.* (2008) indican que, al utilizar los dos métodos de valoración bajo el mismo escenario de investigación, se pueden entender los cambios en la participación de la población ante una variación en la calidad de un bien ambiental proporcionado. Por ejemplo, con el uso del método de costos evitados por sí solo, se hace difícil entender el comportamiento que se tendrá en respuesta a cambios futuros en la provisión de agua. Es aquí donde el método de valoración contingente puede recoger datos sobre este comportamiento hipotético futuro. Por este motivo, en este trabajo se asume que la construcción de un sistema de agua entubada que mejore el servicio de provisión (disponibilidad de agua directamente en la

vivienda) llevaría a los hogares de la comunidad a participar y tener una disposición a pagar -DAP- para financiar la construcción y mantenimiento de dicho sistema, y mejorar la condición de acceso que actualmente tienen con el uso de las medidas de adaptación.

Complementariamente, bajo un punto de vista teórico, Courant y Porter (1981); Pattanayak *et al.* (2005) indican que las aproximaciones de los costos para enfrentar la escasez de agua generalmente son inferiores a la -DAP- que se estime para mejorar o construir un nuevo sistema de agua. Este valor se debe, en primer lugar, al efecto de los ingresos y las limitaciones presupuestarias. En segundo lugar, al bienestar que se percibe con la mejora de la calidad (agua disponible en las viviendas) del servicio de agua, el cual se ve puede ver reflejado en una DAP mayor. Adicionalmente, indican que las magnitudes de las divergencias en los valores encontrados con ambos métodos de valoración dependen de dos aspectos claves. Primero, el que las acciones implementadas para conseguir el agua sean poco óptimas e ineficientes, lo que significa inversiones de costos directos e indirectos para lograr el abastecimiento. Segundo, el que los derechos de propiedad de las fuentes alternativas de agua generen incertidumbre para acceder a ellas.

Existen pocas evidencias empíricas de la aplicación de los dos métodos de valoración en un escenario de escasez de agua. Uno de los estudios más importantes es el de Pattanayak y Yang (2005), quienes emplearon estos métodos para demostrar la necesidad subyacente de los hogares de contar con un sistema de abastecimiento de agua eficiente y de calidad. Encontraron que la DP promedio mensual para los hogares es de US\$ 17.36, significativamente superior a los US\$ 2.94 promedio que implican las acciones implementadas para afrontar la escasez. Estas divergencias, en su criterio, se deben, principalmente, a la pérdida de ingresos por salarios, ya que aun con las mejores estimaciones de costos, los ingresos salariales o días de trabajo perdidos, debido a la implementación de las actividades defensivas, no pueden ser cuantificados con exactitud.

Demostrar la necesidad de los hogares por un nuevo sistema de agua tiene como fin último promover la eficiencia y fiabilidad en los servicios de provisión de agua de consumo doméstico. Por ello, hacer más eficientes dichos sistemas puede tener un efecto en el bienestar de los hogares. En tal sentido, Pattanayak y Yang (2005); Nauges y Strand (2007); Nauges y Whittington (2010a) indican que los cambios en el bienestar producidos por las mejoras en la provisión de agua se pueden analizar bajo un escenario de costo-beneficio. Si los costos de las medidas de adaptación son el límite inferior del beneficio alcanzado con el sistema de agua comunal, y estos superan a los costos por construir el proyecto, la prueba de costo-beneficio será favorable para justificar el proyecto de agua. Además, la intervención para mejorar el abastecimiento será una política acertada.

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación del área de estudio

La comunidad de Maraxco pertenece, administrativamente, al municipio de Chiquimula, el cual forma parte de la cabera del departamento que lleva el mismo nombre (SEGEPLAN 2006). Este municipio se encuentra localizado en la parte oriental del país y forma parte de la vertiente de escurrimiento superficial del Caribe (URL/IARNA 2006).

La comunidad se encuentra ubicada en la parte central del corredor seco de Guatemala (Figura 1), que a su vez pertenece al corredor de sequía Centroamericano. Este último abarca toda la costa pacífica de Centroamérica desde Costa Rica hasta Guatemala (Arias et al. 2012; Castellanos et al. 2013). Dentro del corredor seco de Guatemala, la región oriental es la que representa la mayor extensión. Geográficamente, esta zona cubre el 54% del Corredor seco, con 5,236 km², y representa el 5% del territorio nacional. Además, está conformada por cinco departamentos: Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, El Progreso y Zacapa (Castellanos et al. 2013).

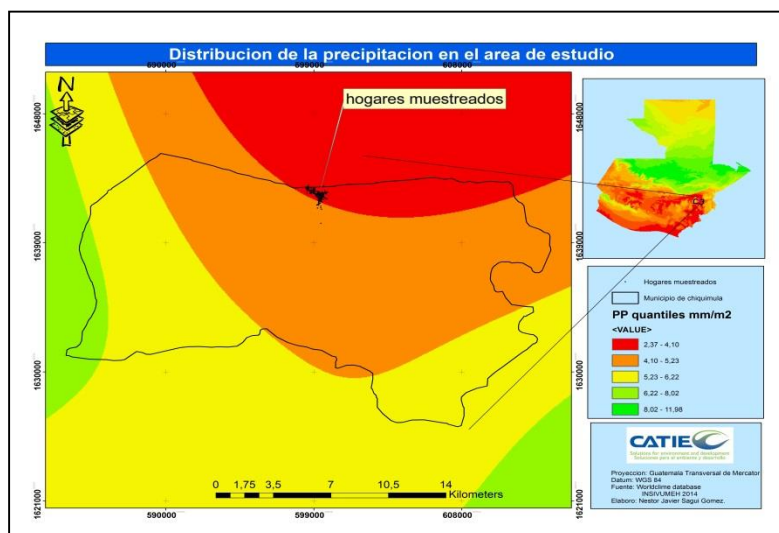


Figura 1. Ubicación del área de estudio en las zonas de sequía de los últimos 50 años.

3.2 Características climáticas relevantes

De acuerdo con Arias et al. (2012), esta zona ha sido afectada históricamente por periodos largos de sequías, los cuales han sido influenciados por condiciones climáticas cíclicas de Centroamérica. Estos periodos son provocados por el fenómeno conocido como El Niño Oscilación del Sur (ENOS). En los últimos 60 años, se han observado alrededor de 10 eventos “Niño”, los cuales se extienden entre 12 y 36 meses en todo el corredor de sequía Centroamericano. Adicionalmente, el área de estudio pertenece a los 54 municipios del país que han sido afectados por sequías severas, clasificación que se debe a las precipitaciones que se han registrado; (800-1,200 mm / año) y más de 6 meses secos.

Las variaciones más relevantes en precipitación apuntan a las estaciones secas (enero a abril) de los últimos años. Este periodo ha sido más seco de lo normal, ya que las precipitaciones máximas registradas en otros periodos del año exceden por mucho a las medias históricas registradas para el mismo periodo (Arias et al. 2012). Estos registros concuerdan con datos locales de las estaciones meteorológicas ubicadas en el departamento de Chiquimula y Zacapa, los cuales ubican al municipio de Chiquimula, pero específicamente a la comunidad Maraxco, como una de las zonas más afectadas por los periodos prolongados de sequías. En esta comunidad, se han registrado las menores precipitaciones históricas de los últimos 50 años (<6mm/m²) para el periodo más seco del año, el cual abarca los meses de enero – abril (INSIVUMEH 2014).

También, es importante indicar que, en la zona de estudio, los periodos largos de sequía (figura 1) históricamente han afectado la disponibilidad de agua superficial de consumo humano. Esta condición ha llevado a las personas a abastecerse de diversas fuentes de agua, como los ríos,

chorros y pozos públicos, y a comprar agua en diferentes sitios (MARN 2007; Arias et al. 2012; Castellanos et al. 2013)

3.3 Características socioeconómicas

El municipio de Chiquimula concentra la mayor población dentro del corredor seco oriental de Guatemala, con un aproximado de 85,000 habitantes y una densidad poblacional de 63 habitantes por km². La mayoría de personas se concentra en 37 aldeas y 50 caseríos, que en total representan el 57% de su población (Castellanos et al. 2013). Dentro de los poblados del municipio, la comunidad Maraxco concentra la mayor cantidad de individuos. Para el año 2010, sumaban 6,923 personas distribuidas en 989 hogares (Acoderol-Mspas 2010).

En general, los poblados del municipio de Chiquimula presentan un índice de desarrollo humano IDH de 0.62 unidades. Este índice considera cuatro componentes: la esperanza de vida al nacer, la tasa de alfabetización adulta, la tasa de matriculación combinada en educación primaria, secundaria y terciaria, y la renta o poder adquisitivo. En este municipio, el nivel de pobreza se sitúa en 43.2% del total de su población (MARN 2007). Las características de desarrollo se relacionan con las principales actividades económicas del municipio, las cuales, en mayor proporción, se fundamentan en la producción agrícola, ganadera, artesanal y el movimiento comercial a nivel regional. También, existe un considerado movimiento en el sector de construcción, en donde se emplea, principalmente, a personas que provienen de las áreas rurales y que, en promedio, tienen ingresos mensuales de 1,750 quetzales (230 US\$⁴). Para los demás sectores no calificados del área rural, los ingresos promedio del jefe del hogar son de aproximadamente 1,575.00 quetzales mensuales, los cuales equivalen a 206.96 US\$ (Chinchilla 2010).

3.4 Administración y descripción del actual sistema comunitario de agua

En las áreas rurales de Guatemala, la administración y gestión del agua de consumo humano ha quedado a cargo de las mismas comunidades, representadas por los Consejos Comunitarios de Desarrollo –COCODE–. Estos consejos contienen, dentro de su estructura organizativa, a las OCSAS o comités de agua local (Lentini 2010). Las comunidades han asumido la responsabilidad, debido a la ausencia de un marco legal de uso del agua y a la poca atención financiera que se recibe de organizaciones gubernamentales. Estas últimas solo realizan inversiones parciales en los sistemas de agua, por lo que los costos de operación y mantenimiento de dichos sistemas son asumidos por las comunidades (SEGEPLAN 2008). Para realizar las funciones de operación y mantenimiento de los sistemas de agua, en el país operan aproximadamente 10,000 OCSAS⁵, las cuales brindan el acceso al agua a un 30 a 40% de la población en general (Vagliente et al. 2011).

En el municipio de Chiquimula, la gestión de las OCSAS para el manejo del recurso hídrico de consumo humano es sumamente importante, ya que este es uno de los municipios con mayor población rural que posee alta dependencia de los recursos de agua superficial, dentro del corredor seco oriental de Guatemala (Castellanos et al. 2013). Bajo este contexto, en la comunidad Maraxco, el actual sistema de abastecimiento de agua de consumo doméstico es administrado por la misma comunidad, la cual, a través de su OCSAS, gestiona funcionamiento y mantenimiento de dicho

⁴ La moneda local son quetzales, (1 USD es equivalente a 7.61 quetzales, de acuerdo al Bando de Guatemala para el 03 de Noviembre de 2014).

⁵ Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento

sistema. Este está conformado por una red de 80 grifos o chorros públicos distribuidos por todas las áreas públicas. A ellos acude más del 95% de la población para coleccionar agua y acarrearla hasta sus viviendas, con el propósito de cubrir parte de sus necesidades domésticas (Chinchilla 2010). Otros componentes importantes del sistema son un tanque de captación y distribución de aguas superficiales, y un sistema de tuberías que distribuye el agua por gravedad hasta los grifos antes indicados. De acuerdo con comité de área local, el sistema fue construido por el gobierno central del país en el año 1970 y es el único sistema de agua entubada que los abastece desde esta fecha.

La OCSAS de Maraxco realiza un trabajo de compromiso social y gestión comunitaria del agua, ya que su labor es voluntaria y designada mediante asamblea general. De acuerdo con la directiva de la OCSAS, su financiamiento proviene únicamente de la cuota anual de 20 quetzales (2.63 US\$), establecida para acciones de mantenimiento del sistema y tratamiento del agua. Adicionalmente, cada hogar debe cumplir un día de trabajo al año para mantener el funcionamiento del sistema. En este sentido, las entrevistas a los hogares revelaron que el 97.70% del total de hogares pagan la cuota anual y el 46.82% cumplen con el día de trabajo. El resto de hogares, (53.18%) que por algún motivo no dedican el día de trabajo, pagan a la directiva de la OCSAS una cantidad de US\$ 6.57, la cual corresponde al jornal de trabajo.

El actual sistema de abastecimiento de agua de la comunidad es ineficiente para cubrir los requerimientos domésticos de toda la población, la cual cuenta aproximadamente 6,923 personas distribuidas en 989 hogares (Acoderol-Mspas 2010). Los registros del comité de agua local, para los últimos 20 años, indican que, durante la época de mayor sequía en el año, la ineficiencia del servicio de chorros públicos se agrava sustancialmente, ya que estos proporcionan agua únicamente durante 3 días al mes, en un promedio de 2 horas durante los días disponibles. Debido a la escasez de agua en dicho sistema, los hogares toman acciones para abastecerse de otras fuentes: un río permanente principal, dos quebradas o afluentes secundarios, tanques comunitarios construidos sobre un manantial o naciente, compra de agua con vendedores privados, captación agua de lluvia e inversión en infraestructura de almacenamiento.

3.5 Descripción del perfil de los hogares estudiados (muestra)

El cuadro 1 resume las características socioeconómicas más importantes de los hogares que fueron muestreados en este trabajo. La mayoría de personas entrevistadas son del género femenino, 90.63% del total. Esta población tiene una edad promedio de 43.02 años y, en su mayoría, se dedica a actividades domésticas. Por otra parte, los jefes de hogar son principalmente hombres, en un 86.95%, y sus labores están distribuidas, mayormente en el sector de la construcción y la agricultura. Respecto del nivel de educación, 48.16% de los jefes del hogar tiene al menos 6 años de educación, es decir, como mínimo terminaron la educación primaria. En algunos casos, llegaron al nivel universitario. El resto de los jefes de hogar (51.84%) no posee ningún nivel de educación.

Los ingresos mensuales promedio del jefe del hogar reportados son de 209.84US\$ (1,596.89 quetzales). Por otro lado, los gastos promedio de cada hogar, por concepto de alimentación y transporte, son de 131.41 US\$ mensuales (1,000 quetzales). En cada hogar viven, en promedio, 6.95 personas y conviven 1.49 hogares en una misma vivienda. En contraste con esta situación, las viviendas poseen, en promedio, únicamente 2 cuartos para dormir.

Aproximadamente el 96% de los hogares tiene acceso a energía eléctrica, 68.56% cuenta con teléfono móvil o celular y el 33.44% posee servicios de televisión, distribuidos en servicio de televisión abierta, por cable y, en menor proporción, servicio satelital. La mayoría de hogares, 59.87% del total, no posee servicio sanitario y utiliza los espacios abiertos para cubrir esta necesidad básica. Esta medida está asociada con la carencia de sistema de drenajes y alcantarillados en toda la comunidad. Por este motivo, el resto de la población (40%) utiliza sistemas alternativos como letrinas lavables y fosas sépticas.

Cuadro 1. Características socioeconómicas de los hogares.

Variable	Promedio
Edad en años del entrevistado	43.02
Porcentaje de mujeres entrevistadas	90.63
Porcentaje, jefe de hogar (hombre)	86.95
Porcentaje, educación del jefe de hogar (con al menos 6 años de educación)	48.16
Ingreso/mes USD ⁶ del jefe de hogar	209.84
Número de personas por vivienda	6.95
Número, hogares por vivienda	1.49
Porcentaje, hogares con teléfono móvil	68.56
Porcentaje, hogares con servicio de TV	33.44
Porcentaje, hogares que utilizan leña como combustible	85.28
Porcentaje, hogares con energía eléctrica	96.32
Porcentaje, hogares sin servicio sanitario	59.87

4. METODOLOGÍA

4.1 Selección de la comunidad de estudio

La selección se realizó mediante el procedimiento no probabilístico (selección no aleatoria), conocido como muestreo intencional. Este tipo de muestreo utiliza juicios y criterios preestablecidos para la elección de cierto grupo o población objeto de investigación (Lastra 2000). En esta investigación, se establecieron dos grupos de criterios: 1) climáticos y 2) socioeconómicos. Con ellos, se determinó que la comunidad de Maraxco es un poblado con las características que se deseaba investigar (deficiencias en el sistema comunitario de agua debido a las sequías).

Los criterios climáticos establecidos son: **A)** Ubicación de la comunidad dentro de la zona de mayores sequías históricas del corredor seco de Guatemala y de la región Centroamericana, (temperaturas promedio de 35°C y precipitaciones menores a 6mm/m²) en los meses más secos del año (enero-abril) (Hijmans *et.al* 2005; Arias *et al.* 2012; Castellanos *et al.* 2013; INSIVUMEH 2014). **B)** La comunidad se encuentra dentro de las 54 zonas clasificadas con afectación severa por sequía en los meses más secos del año (enero-abril), tanto a nivel de Guatemala como Centroamérica (Mansilla 2010; Arias *et al.* 2012). **C)** Es un área con características semiáridas, en donde la vulnerabilidad a la disminución de la cantidad de agua superficial es alta, debido al cambio

⁶ La moneda local es el quetzal (1 USD es equivalente a 7.61 quetzales para el 03 de Noviembre de 2013, según el Banco de Guatemala BANGUAT)

climático asociado con la Oscilación Sur (ENOS) o fenómeno del niño. En los últimos 60 años, se han observado alrededor de 10 eventos “Niños”, los cuales se extienden entre 12 y 36 meses (Arias et al. 2012; IPCC 2014).

Los criterios socioeconómicos relevantes para elegir a la comunidad dentro del corredor seco de Guatemala son: **A)** Población rural con sistema comunitario de agua administrado por una sola OCSAS o comité de agua local. **B)** Área rural con una población significativa (989 hogares) de características similares en cuanto a abastecimiento de agua. Ambos aspectos (población y características) permiten hacer inferencias confiables sobre el sistema comunitario de agua. Las características similares en cuanto a abastecimiento de agua están determinadas por la ubicación geográfica de la comunidad (en un solo estrato respecto a otros poblados) y por la dependencia de los hogares hacia el mismo sistema comunitario de agua distribuido por chorros públicos **C)** La comunidad concentra la mayor cantidad de hogares que enfrentan escasez de agua durante los periodos de sequía en el municipio de Chiquimula. Esta priorización es común en los registros locales de la oficina de gestión ambiental, Instituto Nacional de Estadística -INE-, Ministerio de salud Pública y gobierno local.

4.2 Selección de los hogares (tamaño de la muestra)

Los datos utilizados para esta evaluación provienen de 300 entrevistas dirigidas a los jefes de hogar de la comunidad. El número de hogares por estudiar (tamaño de la muestra) se estableció mediante estimación estadística (ecuación 1), basada en una selección aleatoria de los 989 hogares que conforman toda la comunidad. Para este procedimiento, se empleó la fórmula de muestreo irrestricto aleatorio (Scheaffer *et al.* 1990).

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

Donde:

n= tamaño de la muestra.

N= número total de la población (hogares).

σ^2 = desviación estándar (0.25).

β = tamaño del error (5%).

Los hogares muestreados fueron elegidos mediante un listado proveniente del censo 2010 del Ministerio de Salud local, el cual agrupa al total de hogares en 9 diferentes sectores (Acoderol-Mspas 2010). Cada jefe de hogar de los diferentes sectores, referido en la lista, fue numerado y seleccionado mediante muestreo aleatorio simple sin restitución (Di Rienzo et al. 2008).

4.3 Recolección de datos de campo

Para la extracción de información de los 300 hogares seleccionados, se utilizaron encuestas adaptadas del trabajo de Madrigal y Naranjo (2013) con el propósito de evaluar la capacidad adaptativa de organizaciones comunitarias de agua potable en Centroamérica. Los componentes principales de la encuesta son: A) información general del hogar, B) participación en el sistema comunitario de agua, C) evaluación de la calidad del sistema de agua en el hogar, D) evaluación de

la cantidad de agua del sistema en el hogar, E) percepción del hogar acerca de la gestión de la OCSAS, F) medidas de adaptación implementadas por el hogar, G) preguntas socioeconómicas del hogar y H) preguntas de valoración contingente para establecer la DP.

Con las encuestas antes mencionadas, se recolectó toda la información de campo necesaria para cumplir con todos los objetivos planteados en esta investigación. La aplicación de las encuestas se realizó siguiendo el procedimiento planteado por Whittington (2002) para países en desarrollo. Este consistió en: A) contratación de encuestadores a través de convocatorias públicas, B) adiestramiento de 4 encuestadores seleccionados, C) adaptación del cuestionario a condiciones locales, D) trabajo con dos grupos focales, E) ejecución de tres pre- muestreos piloto de 88 entrevistas E) constante supervisión y acompañamiento en campo para la recolección final de la muestra (300 hogares).

4.3.1 Aplicación de las encuestas

Para la ubicación física, tanto de los 3 pre-muestreos como de los 300 hogares que corresponden a la muestra, se utilizaron 3 guías comunitarios locales. Estos, con la ayuda de los listados de los jefes de hogar, identificaron y presentaron a cada uno de los encuestadores encargados de la recolección de información.

Es importante indicar que, durante la ubicación física de los hogares, algunos de ellos no se pudieron contactar. Por este motivo, se procedió a realizar sustituciones en la muestra previamente elegida. Del total de la muestra, se reemplazó un 5.35%, el cual corresponde a 16 hogares. Para realizar los reemplazos, se utilizó nuevamente el listado de hogares de la comunidad con el criterio de selección aleatoria simple sin restitución y excluyendo los hogares que se pretendían reemplazar en cada caso (Di Rienzo et al. 2008)

4.3.2 Preguntas de valoración contingente

De acuerdo con Loomis (1988), el rango y el vector de montos sugerido a los hogares se definieron con pruebas piloto, utilizando los 3 pre-muestreos mencionados anteriormente. Los montos que se propusieron son 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) 60 quetzales (7.88 US\$); 2) 120 quetzales (15.77 US\$); 3) 180 quetzales (23.65 US\$); 4) 240 quetzales (31.53 US\$); 5) 300 quetzales (39.42 US\$).

Se siguieron las recomendaciones de Whittington (2002), en relación con el diseño del escenario hipotético, que permita hacer inferencias de una situación real y posible de llevar a cabo en la comunidad. Con base en ellas, se planteó el siguiente escenario de valoración contingente: *Supongamos que el comité de agua (OCSAS) y el COCODE de la comunidad, en conjunto con el gobierno, deciden concluir el **proyecto de agua potable de pozo mecánico**⁷ con sus líneas*

⁷ Este proyecto se inició en el año 2007 con la perforación de un pozo de agua subterránea y fue diseñado con el objetivo primordial de extraer agua del manto freático, utilizando una bomba eléctrica para su traslado al tanque de distribución de agua con capacidad de 138 m³. El pozo tiene una capacidad de dotación de 4.42 L/seg, cantidad 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. Ahora bien, en la actualidad, la cantidad de habitantes es de 6,923 y 989 hogares. Por este motivo, se considera que al fraccionar el servicio en una cantidad entre 8-12 horas al día, manteniendo el consumo máximo (70 L/hab/día), el caudal establecido (4.42L/seg) es suficiente para suplir a toda la comunidad durante el año. En zonas con sequías, este tipo de proyectos (extracción de agua subterránea) es considerado la mejor vía para suplir de agua potable a las poblaciones, en sustitución de los sistemas convencionales de captación de aguas superficiales (Chinchia 2010).

principales de tubería y los 2 tanques de distribución que se instalaron en la comunidad en el año 2007, pero que actualmente no se encuentra funcionando. Se piensa que al concluir totalmente el proyecto, el agua llegaría hasta su hogar todos los días, al menos 8 horas diarias durante toda la época del año (incluso en época de verano), lo que evitaría que su familia realice gastos adicionales para comprar agua, la inversión de tiempo y esfuerzo para traer (acarrear) agua de lugares lejanos como el río los cangrejos, el amate, el río Shusho, el Chupte y los tanques comunitarios. Si se lleva a cabo el proyecto, el comité de agua de la comunidad pretende establecer una CUOTA a cada hogar y cobrar cada MES, en un **recibo** aparte al de los chorros públicos, con una cuota al mes de ___ Quetzales, ¿Estaría su hogar dispuesto a pagar la cuota y votar a favor del proyecto de agua?

La figura 2 muestra las respuestas brindadas por los entrevistados. Estas fueron analizadas mediante el método no paramétrico (Habb y MacConnel 2002). Con su utilización, se logró garantizar que las respuestas se dieran en función del cambio en la utilidad indirecta que se percibe sobre la mejora de servicio de agua entubada (Whittington 2002). Además, permitió la estimación de la DP promedio de los hogares muestreados.

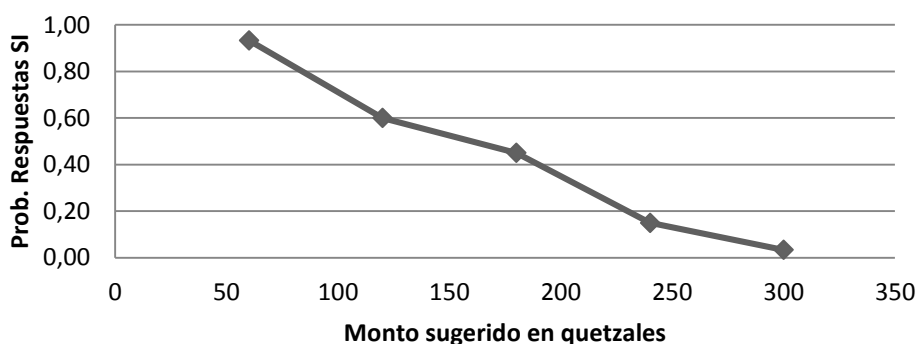


Figura 2. Curva de sobrevivencia para las respuestas afirmativas.

Para la estimación final de la DP promedio, se hizo una integración de dos métodos: el paramétrico (Hanemann et al. 1991) y el método no paramétrico. Para este último, se realizó una interpolación lineal en donde el promedio de la voluntad de pago está dada por los valores de triángulos y rectángulos bajo la curva de respuestas afirmativas (figura 2). Además, el método no paramétrico brindó una primera aproximación de la DP que se desea establecer (Habb y MacConnel 2002).

Los valores finales de la DP promedio corresponden a los obtenidos en el método paramétrico simple. Este último analiza las respuestas dicotómicas (Sí, No) a las preguntas de DAP y la información sobre las características socioeconómicas de los encuestados, asignando valores $P=1$ a las respuestas afirmativas y $P=0$ a las negativas (Hanemann et al. 1991). El procedimiento se realizó mediante análisis econométrico empleando modelos probabilísticos logit, donde los valores que corresponden a la probabilidad se encuentran entre cero y uno para todos los números reales (Wooldridge 2006). El procesamiento de los datos y su respectivo análisis se llevó a cabo utilizando el programa estadístico STATA.

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

Esta información se obtuvo mediante el trabajo con uno de los dos grupos focales indicados anteriormente. El grupo brindó la información sobre las acciones adicionales que implementan los hogares de la comunidad para hacer frente a la deficiencia en el actual sistema de chorros públicos, durante las épocas de sequía. Todas estas acciones se clasificaron como *medidas de adaptación* o estrategias adicionales para lograr el abastecimiento. Es relevante indicar que la información obtenida en el grupo focal, respecto de las medidas de adaptación implementadas, fue vital para la elaboración y adaptación del cuestionario utilizado para el muestreo de los hogares.

El grupo focal utilizado para esta fase se integró de la siguiente forma: presidente y tesorero del comité de agua local, presidente del consejo comunitario de desarrollo -COCODE-, coordinador de facilitadores comunitarios del Ministerio de Agricultura y Alimentación, y un encargado de la escuela primaria de la comunidad.

4.4 Análisis de datos

4.4.1 Estimación de costos de las medidas de adaptación

Una vez identificadas las medidas de adaptación y sistematizadas de las 300 encuestas colectadas en cada hogar, se procedió a ordenarlas en 3 grupos de análisis: 1) costos por colecta y acarreo, 2) costos por compra de agua y 3) costos por almacenamiento. Estos costos consideran los comportamientos defensivos que, en promedio, implementan los hogares al experimentar escasez de agua en el actual sistema comunitario de agua distribuido por chorros públicos (Pattanayak y Yang 2005; Nauges et al. 2009; Vasquez 2012). En este sentido, todas las acciones o medidas de adaptación aquí consideradas son adicionales e independientes al actual sistema.

Los costos de colecta y acarreo se integraron y estimaron de la siguiente forma. El primer componente fue la estimación del tiempo (horas) invertido por cada hogar en cada una de las fuentes de agua adicionales al sistema de chorros públicos. Para cada una de las fuentes, se consideró el tiempo de ida, más 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). El segundo componente consistió en asignar el valor monetario al tiempo previamente estimado, lo cual se realizó en función del costo de oportunidad del tiempo, y para hombres y mujeres por separado. Se utilizó el 50% del valor del salario por hora de los sectores no calificados, en donde se podrían emplear la mayoría de personas de los hogares entrevistados (Whittington et al. 1990; Pattanayak y Yang 2005). Las tasas de los salarios por hora utilizados son 0.71 US\$ para hombres y 0.40 US\$ para mujeres. Estas corresponden a dos sectores importantes en la región de estudio: sector de construcción para los hombres y al sector de servicios domésticos para las mujeres (INE 2013).

Otro elemento importante que se consideró, dentro de los costos de colecta y acarreo, es la inversión monetaria que los hogares realizan en transporte para poder llegar hasta las fuentes de agua y abastecerse de ellas (Nauges y Strand 2007). En todos los casos, las personas utilizaron el transporte colectivo, por lo que el monto imputado corresponde al promedio del pasaje de todos los hogares que incurren en este gasto (costos por persona más el costo de los recipientes con agua). Para contar con valores confiables en los datos, en cada observación se excluyó aquellas actividades

realizadas en las fuentes de agua que no están relacionadas a la colecta (lavado de ropa y aseo personal). Las fuentes de agua utilizadas para estos fines fueron codificadas con los prefijos “lavar y bañarse”, y fueron excluidas de las estimaciones promedio realizadas para toda la muestra (300 hogares).

El siguiente grupo de costos analizados corresponde a los costos por compra de agua. En su estimación, se incluyeron los gastos promedio que cada hogar invierte en adquirir agua (Pattanayak y Yang 2005). El costo total de esta medida proviene de la sumatoria mensual de dos fuentes: agua corriente (sin tratamiento) adquirida en los camiones vendedores, y agua purificada adquirida en diferentes puntos en la comunidad.

También, se incorporaron costos por almacenamiento de agua en los hogares la comunidad. Estos corresponden al valor de amortización o depreciación que tienen los diferentes recipientes (Vasquez 2012). Los hogares, en general, utilizan más de un tipo de recipiente, por lo que el costo promedio para los hogares constituye la adición de todos los recipientes que se utilizan para almacenar el agua captada de las diferentes fuentes. Para el análisis, los recipientes se dividieron en 2 grupos: A) tanques y pilas de almacenamiento construidas de cemento y B) recipientes de plástico de menor capacidad.

Para obtener el valor por depreciar de los tanques y pilas de almacenamiento de cemento, se empleó el método de depreciación lineal. 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 caso de los recipientes de plástico de menor capacidad, también se empleó el método de depreciación lineal y se utilizó un valor de 10 años como referencia para la vida útil (ISR 2012). Para estos últimos recipientes, se asumieron los costos actuales en los mercados locales de Chiquimula, Guatemala. Estos costos, expresados en valor actual, se capitalizaron al año en el que se realizó la inversión (ecuación 2) (Boardman et al. 2001). Para ello, se tomó como base el número de años que cada hogar expresó como un tiempo de utilización continua de cada recipiente. Posteriormente, con el valor de adquisición aproximado para cada recipiente, se obtuvo el costo de depreciación mensual, el cual se imputó a cada uno de los hogares que los utilizan.

$$VP= Y/(1+i)^n \quad (2)$$

Donde:

VP= valor de la inversión.

Y= precio actual de adquisición (valor de mercado local).

i= tasa de interés⁸.

n= número de años donde se hizo la inversión.

4.4.2 Análisis de costo-beneficio del nuevo sistema de distribución de agua entubada

De acuerdo con Boardman et al. (2001); Pattanayak y Yang (2005), para hacer un análisis de costo-beneficio de los cambios en la provisión de agua, son necesarios dos elementos: por un lado, es necesario contar con los beneficios sociales -BS- derivados del cambio en la provisión; por otro, se requieren los costos de implementar dicho cambio o costos por suministro del servicio. Ambos elementos indican los beneficios sociales netos -BSN- derivados del cambio en la provisión de

⁸ Tasa de interés nominal del 6%, promedio de los últimos 10 años según el Banco de Guatemala.

agua. El nuevo sistema de provisión de agua entubada, que se sometió a análisis, corresponde a un proyecto de abastecimiento por pozo mecánico iniciado en la comunidad en el año 2007. En la actualidad, este sistema se encuentra inconcluso por falta de financiamiento económico.

Para el presente análisis, los beneficios sociales –BS- están expresados de forma independiente por la –DP- para tener un nuevo sistema comunitario de agua y por los costos evitados de las medidas de adaptación que se ejecutan, con el fin de suplir la deficiencia en el actual sistema de chorros públicos. Estos últimos valores reflejan la demanda por el nuevo servicio comunitario de agua entubada y son el límite inferior del beneficio social. Una vez que los costos de las medidas de adaptación sean superiores a los costos por implementar el proyecto, este último habrá pasado la prueba de costo-beneficio (Pattanayak y Yang 2005).

Por otra parte, la media de la DP para tener un nuevo sistema comunitario de agua permitió aproximar con más detalle los –BS- del proyecto, pues, según (Whitehead et al. 2008), los gastos evitados de las acciones implementadas pueden no considerar valores como los días de salario perdidos, costos por enfermedades y pérdidas en la productividad. Estos últimos sí se pueden ver reflejados en la DP previamente establecida.

El otro componente del análisis de costo-beneficios son los costos por construir el nuevo sistema y suministrar el agua a los hogares. Para estimar el costo total del proyecto de abastecimiento de agua entubada, se realizó una recopilación de las inversiones parciales que ya han realizado, en la comunidad, las organizaciones gubernamentales del departamento de Chiquimula. Los componentes de esta inversión son: costos por perforación y equipamiento del pozo mecánico, costos del tanque de almacenamiento y líneas principales de construcción, costos por conexiones domiciliarias, costos de operación y costos de mantenimiento. Para estos últimos (conexiones domiciliarias, costos de operación y mantenimiento) se tomaron proyecciones realizadas por estudios técnicos que contemplan los gastos necesarios para concluir el proyecto de agua (Chinchilla 2010). Esta información se validó con la asociación ADMBANCHI⁹, mediante la triangulación de los mismos costos, de un proyecto de similares características, en la misma zona de estudio (municipio de Chiquimula).

Para realizar el análisis de costo-beneficio, se utilizó un horizonte de tiempo de 30 años y una tasa de descuento de 10%, de acuerdo con Cohen y Martínez (2005); Doczi y Ross (2014); García et. al (2014). Este descuento es cercano al habitual en bancos multilaterales para proyectos de infraestructura de agua de países en desarrollo (12%). El descuento incluye el costo de oportunidad de los recursos financieros, con base en lo que podrían rendir si se utilizaran en inversiones alternativas como depósitos bancarios, compra de acciones y otro tipo de proyectos. El horizonte de tiempo para este proyecto se estableció tomando en cuenta lo indicado por Cohen y Martínez (2005); Pattanayak y Yang (2005), y verificando, mediante consulta a expertos, la vida útil del nuevo proyecto de agua. El análisis se concluyó con el criterio económico del *valor actual neto* VAN, el cual evalúa la rentabilidad del proyecto y los beneficios netos alcanzados con este.

⁹ 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 cabera departamental de Chiquimula.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en cuatro componentes. Primero, se describen las medidas de adaptación tomadas por los hogares para hacer frente a las deficiencias del actual sistema comunitario de chorros públicos. Segundo, se estiman los costos asociados con la implementación de las distintas medidas de adaptación en los hogares. Tercero, se estima la DP para tener un nuevo sistema comunitario de agua entubada. Cuarto, se presenta el análisis de costo-beneficio de la implementación de un nuevo sistema de provisión de agua.

5.1 Identificación de las medidas de adaptación

Las medidas de adaptación identificadas en las entrevistas a los hogares se han clasificado en 3 grupos; 1) colecta y acarreo, 2) compra de agua y 3) almacenamiento. Es importante indicar que estas medidas son acciones adicionales e independientes al servicio comunitario de chorros públicos y que son implementadas por los hogares para hacer frente (adaptarse) a la ineficiencia de dicho servicio, como resultado de las condiciones prolongadas de sequía.

Colecta y acarreo como media de adaptación

Para la medida de colecta y acarreo, los hogares recurren a tres fuentes de agua: ríos o quebradas, tanques comunitarios y camiones distribuidores de agua. Las tres son fuentes independientes de la estructura organizativa comunitaria (comité de agua) encargada del abastecimiento de agua. En este sentido, es importante destacar a los tanques comunitarios, los cuales almacenan agua proveniente de un manantial o nacimiento que se ubica en terrenos comunitarios. Pese a esta ubicación, es una fuente de libre acceso, en donde el comité no tiene ningún control ni regulación en su uso. Por este motivo, las personas colectan el agua de acuerdo con la capacidad de la fuente y la cantidad de individuos que lo utilizan.

La distribución del uso de las fuentes de agua para la colecta y acarreo es la siguiente: ríos o quebradas 48.16% del total de hogares, tanques comunitarios 59.19% y camiones distribuidores de agua corriente 22%. Las tres fuentes se utilizan, principalmente, en la época de mayor sequía del año, de enero-abril (figura 3). En muchos casos, estas fuentes son utilizadas simultáneamente por los hogares para cubrir sus requerimientos domésticos. Así, un 28.42% del total de hogares utiliza una de las 3 fuentes, 39.46% utiliza dos de las tres fuentes de agua simultáneamente y 17.05% utiliza las 3 fuentes de agua a la vez. El uso simultáneo de las fuentes muestra la alta dependencia de los hogares de la comunidad hacia ellas como alternativas de agua a su alcance. Este comportamiento se debe, en gran medida, a las sequías y a la consecuente escasez de agua en el servicio abastecimiento ofrecido por el comité de agua local (sistema comunitario de chorros públicos).

El almacenamiento como media de adaptación

Dentro de las medidas de almacenamiento, se identificó que los hogares utilizan 8 tipos de recipientes: tambos de plástico o galones, botellas, cubetas de plástico, tanques de cemento, tanques de plástico, pilas de almacenamiento, tinas y toneles. De estos recipientes, los más utilizados son los tambos de plástico: el 97.99% de los hogares los utiliza. Los tambos tienen una capacidad promedio de 24.06 litros y cada hogar cuenta con una media de 14 unidades. En contraste, los tanques construidos de cemento son los de mayor capacidad de almacenamiento, con un promedio de 2,421

litros. Aunque en menor proporción (34.77 %), estos también son utilizados por gran parte de los hogares (Cuadro 2).

Cuadro 2. Recipientes de almacenamiento.

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

Es importante enfatizar que la utilización de estos recipientes de almacenamiento no es excluyente, en el sentido de que muchos hogares almacenan el agua en varios recipientes a la vez. Así, se encontró que, del total de hogares, solamente el 1% no combina los recipientes y utiliza únicamente 1 de los 8 descritos (cuadro 2). En contraste, se encontró que el 17.39% de los hogares utiliza dos recipientes simultáneamente, 51.17% utiliza tres recipientes a la vez, 25.08% utiliza cuatro recipientes simultáneamente y el 5.37% utiliza entre 5 y 6 recipientes al mismo tiempo. Es muy probable que, en todas las combinaciones simultáneas de recipientes, siempre existan los toneles y los tambos o galones, ya que, individualmente, son los más empleados por los hogares (cuadro 2).

La compra de agua como media de adaptación

Respecto de la medida de adaptación de compra de agua, los hogares adquieren el líquido 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 de los camiones, con lo que adquieren al menos 234 litros cada vez que utilizan este medio. Por otra parte, el agua purificada es utilizada por el 27.75% del total de hogares entrevistados (Figura 3). De acuerdo con estos porcentajes, se puede inferir que esta medida de adaptación ya es una actividad común en los hogares, lo cual pone de manifiesto la ineficiencia del sistema comunitario de agua para suplir todas las necesidades de agua de los hogares de la comunidad.

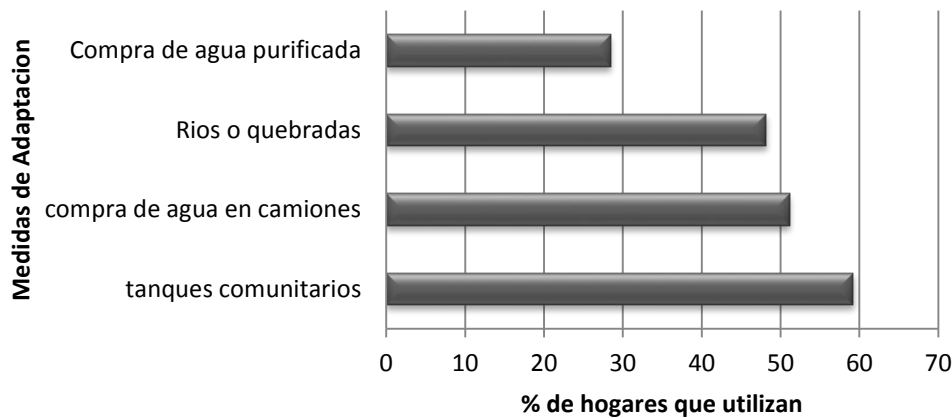


Figura 3. Distribución porcentual de uso de las fuentes de agua en verano.

La Figura 3 resume el uso de las medidas de adaptación. Se puede observar que los tanques comunitarios son los más utilizados por los hogares. De acuerdo con el criterio del investigador, esta tendencia de uso responde a dos razones: a) es una fuente de libre acceso de propiedad comunitaria, por lo que ningún hogar paga para colectar agua hacia las viviendas y b) es una fuente cercana a todos los hogares, ya que se ubica en el perímetro del área poblada de la comunidad.

Ahora bien, es importante enfatizar que los porcentajes de uso y prioridad de las diferentes fuentes de agua (figura 3) no están vinculados con la cantidad de agua (m^3 o L) que los hogares adquieren en cada una de ellas. En esta investigación, la importancia de las diferentes medidas de adaptación está dada únicamente por la frecuencia de uso en unidad de tiempo (mes) en los hogares muestreados. Por tal razón, los datos recopilados brindan un panorama general de la dependencia de los hogares a diversas fuentes de agua en la comunidad.

La dependencia de los hogares hacia las distintas medidas de adaptación puede estar relacionada a dos factores fundamentales. El primero es el factor económico. En las fuentes de agua donde los hogares deben pagar, como es el caso de la compra de agua corriente en camiones vendedores y compra de agua purificada, el porcentaje de uso disminuye por debajo del 50% de la muestra (figura 3). El segundo factor es la diversificación de los usos del agua. Cada fuente es utilizada para diferentes fines, dentro de los que se identificaron cuatro: 1) lavar la ropa, 2) limpieza personal (bañarse), 3) consumo (beber y cocinar alimentos) y 4) crianza de animales domésticos. Para el caso del lavado de ropa, los ríos o quebradas y los tanques comunitarios son los más empleados: más del 70% de los hogares los utilizan para este propósito. Para el consumo, el agua purificada y el agua corriente adquirida de los camiones o vendedores privados son las fuentes más utilizadas.

5.2 Costos asociados a las medidas de adaptación

Los costos asociados con las medidas de adaptación se han distribuido en: a) costos por colecta y acarreo, b) costos por compra de agua, c) costos por almacenamiento y d) distribución de todos los costos, en una sumatoria por hogar que constituye una aproximación a los costos económicos por adaptarse a la ineficiencia del sistema comunitario, debido, mayormente, a las sequías. Para la estimación de estos últimos, se cuantificaron todas las actividades implementadas adicionalmente al sistema comunitario de chorros públicos.

5.2.1 Costos económicos por colecta y acarreo

Los componentes utilizados para estimar estos costos por colecta y acarreo son: el costo monetario del tiempo invertido en colectar agua y el costo por transporte para poder llegar hasta los lugares de abastecimiento (Nauges y Strand 2007).

Para estimar el valor monetario del tiempo, primeramente, se contabilizó el tiempo total invertido por los hogares en todas las fuentes de agua que utilizan. Posteriormente, se le asignó un valor monetario al tiempo contabilizado. Para estimar el primer paso (tiempo invertido), se tomó en cuenta el tiempo en ir hacia la fuente, más tiempo de vuelta y el tiempo de espera para hacer la colecta (Nauges y Whittington 2010b). El cuadro 3 resume la distribución del tiempo invertido en las fuentes de agua por separado para hombres, mujeres y niños. Esta separación (hombres, mujeres y niños) responde a los hallazgos de Strand y Walker (2004); Nauges y Strand (2007); Nauges y Berg (2009); Nauges y Whittington (2010b) y los complementa. Estos estudios se han limitado a cuantificar el tiempo total del hogar en conjunto. De acuerdo con Nauges y Strand (2007), las segregaciones en los diferentes miembros del hogar pueden ayudar a entender las variaciones del costo monetario, debido a la participación de los niños y al costo de oportunidad del tiempo que puede tener cada integrante del hogar.

Cuadro 3. Tiempo promedio invertido por los hogares en las fuentes de agua.

Fuentes de agua	Colecta y acarreo			Total (horas/hogar)
	Promedio horas/mes (Aporte de hombres)***	Promedio horas/mes (Aporte de mujeres)***	Promedio horas/mes (Aporte de niños)***	
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)*	0,4	0,82	0,18	1,4
Ríos o quebradas**	....	....	....	....
Tanques comunitarios**	....	....	....	....
TOTAL	2,28	7,37	2,05	11,7

*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).

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

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

El cuadro 3 indica que, en promedio, cada hogar gasta 11.70 horas al mes en las labores de colecta y acarreo de agua, distribuidas en 2.28 horas al mes para los hombres, 7.37 horas al mes para las mujeres y 2.05 horas al mes para los niños. Es importante destacar que los tiempos promedio por hogar, encontrados en esta investigación, son similares al promedio encontrado por

Strand y Walker (2004); Nauges et al. (2009) Nauges y Berg (2009) en investigaciones dirigidas en 17 ciudades de Centroamérica, con el fin de evaluar tiempos de colecta en hogares sin servicios públicos de abastecimiento. En estas últimas, se encontraron tiempos promedio por hogar de 10 horas con 10 minutos al mes.

Por otra parte, los tiempos de esta investigación son muy superiores a los encontrados por Nauges y Berg (2009) en hogares que sí poseen sistema de agua domiciliar, pero con servicios intermitentes. En ellos, se encontraron tiempos de 5 minutos cada vez que las personas visitan una fuente de agua. Esta cifra contrasta con los tiempos evaluados en la comunidad Maraxco (Cuadro3), donde la ineficiencia de los servicios de agua impulsa a los hogares a invertir hasta 1.25 horas cada vez que se visitan algunas fuentes para hacer la colecta de agua.

El contraste de inversión de tiempo para abastecerse permite observar que las condiciones de acceso al agua de Maraxco se igualan a otros sitios en donde los hogares no poseen ningún sistema de abastecimiento público. Esta situación constituye un argumento importante para resaltar los efectos de las sequías sobre la ineficiencia del sistema comunitario, pues, en las investigaciones anteriormente citadas, estas no juegan un papel determinante en las zonas en estudio, como si lo hacen en el caso de la comunidad Maraxco.

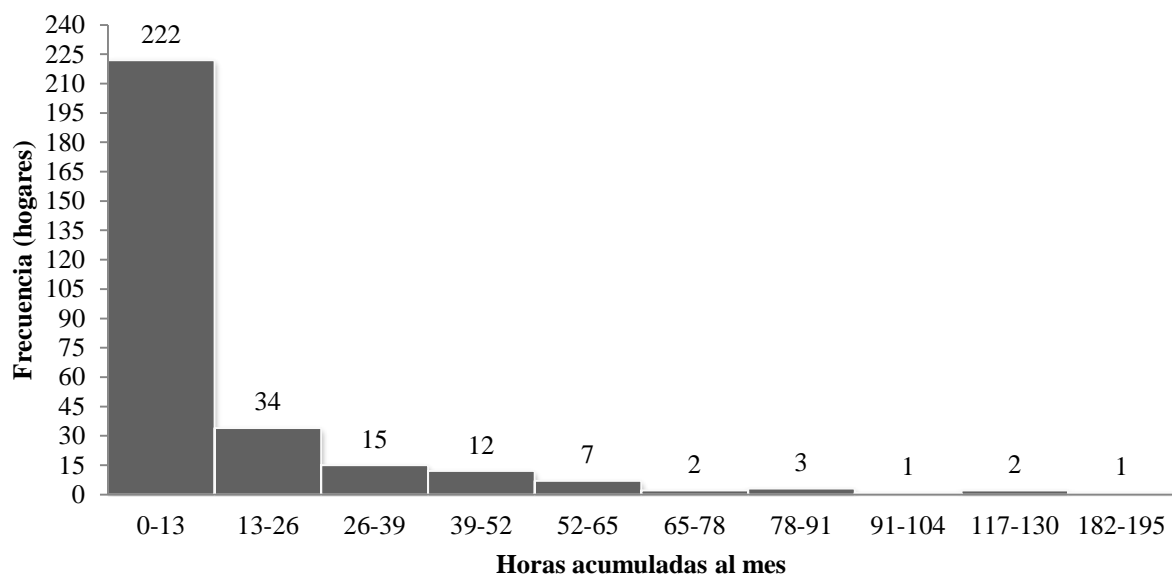


Figura 4. Histograma del tiempo acumulado para la colecta y acarreo.

La figura 4 muestra la distribución del tiempo acumulado para las actividades de colecta y acarreo de agua (incluye todas las fuentes de agua) en los hogares de la comunidad. La distribución indica que la mayor cantidad de hogares de la muestra (222 hogares) se encuentran dentro del rango de tiempo que va de 0 a 13 horas al mes. Este acumulado integra la contribución de hombres, mujeres y niños en los hogares.

Al agrupar la distribución del tiempo en intervalos de clase, se pudieron determinar cualidades del conjunto de datos. Por ejemplo, se estableció que el valor de la mediana corresponde a 8.79 horas al mes. Este valor permitió identificar con exactitud el esfuerzo, expresado en tiempo, de la

mayor cantidad de hogares, ya que el 50% de los hogares de la muestra se agrupa en el intervalo de la mediana 1 (0-13 horas al mes) e invierten un tiempo ≤ 8.79 horas en el mes para hacer la colecta y acarreo, utilizando las diferentes fuentes de agua descritas en el cuadro 3.

Por otra parte, la participación de las mujeres en la colecta y acarreo de agua es sumamente relevante en los hogares de la comunidad (Cuadro 3). Su participación interesa no solo por el tiempo que cada una designa en las fuentes de agua, sino por la cantidad total de tiempo que significa. En este sentido, su participación representa un 62.90% del tiempo total del hogar, la labor de los niños el 17.52% y la labor de los hombres 19.48%. En esta distribución, vale la pena destacar la proporción de los niños, ya que puede ser una referencia en aquellos estudios que tomaron como base el tiempo global del hogar para hacer las estimaciones del valor monetario del tiempo de colecta de agua. Según Nauges y Strand (2007), estas investigaciones podrían haber sobrestimando dicho valor.

Estimación del costo monetario del tiempo

En este trabajo, se ha establecido un aproximado del costo monetario del tiempo de colecta y acarreo, el cual constituye un costo sombra o no cuantificado, pero real para los hogares que colectan agua de las diferentes fuentes (Nauges y Strand 2007). Se debe indicar que esta es una estimación monetaria local y que está basada en la asignación del 50% del valor del salario por hora para sectores no calificados de la zona (Whittington et al. 1990; Pattanayak et al. 2005). Los sectores considerados son los que concentran el costo de oportunidad del tiempo en la comunidad, para el caso de los hombres el sector de construcción (1.41 US\$/hora) y para mujeres el sector de servicios (0.81 US\$). Estos valores se tomaron de la última encuesta nacional del empleo para Guatemala (INE 2013).

Considerando el 50% para los anteriores sectores, las tasas de salario por hora utilizadas fueron 0.71 US\$ para hombres y 0.41 US\$ mujeres. De acuerdo con el criterio del investigador, emplear una proporción del 50% del salario para actividades no calificadas significa una tasa conservadora, respecto de las tasas utilizadas en otros estudios para estimar el valor monetario del tiempo invertido para coleccionar agua. De acuerdo a Jeuland et al. (2010) estas tasas van en un rango de 20-83% y se emplearon en estudios realizados en países en vías de desarrollo con condiciones más o menos similares a Guatemala.

Como lo muestra el cuadro 4, en promedio, los hogares de la comunidad de Maraxco tienen un costo monetario del tiempo de 5.15 US\$, los cuales equivalen a 39.18 quetzales por mes. Estos costos se distribuyen en 1.61 US\$ para los hombres y 3.02 US\$ para las mujeres. Es importante indicar que, en estas estimaciones, se excluyó a los niños, con el fin de evitar sobrestimaciones en el costo de oportunidad del tiempo asignado a los adultos del hogar. Ahora bien, se debe aclarar también que dejar a los niños por fuera del análisis tiene implicaciones en las estimaciones posteriores, ya que el tiempo que estos invierten en colecta y acarreo de agua puede limitarlos en la realización de diversas actividades para mejorar su calidad de vida. Es muy probable que el tiempo que los niños designan a estas actividades disminuya el tiempo que pueden disponer para educación, deporte y recreación, y otras actividades relacionadas con su formación integral. Con todo, no fue posible cuantificar estos datos en este estudio, por lo que se establece como una

limitación en las estimaciones posteriores (beneficios sociales obtenidos a través del método de gastos evitados de las medidas de adaptación).

Como se ha indicado, el presente estudio consideró una tasa del salario de 50% por hora para los adultos. No obstante, se hizo un análisis de sensibilidad de las tasas reportadas por los estudios antes indicados, utilizando 2 escenarios: 25% (0.35 US\$/hora para los hombres y 0.20 US\$/hora para las mujeres) y 75% (1.06 US\$/hora para hombres y 0.61 US\$ para las mujeres). Como muestra el cuadro 4, los costos para cada hogar son considerablemente sensibles a la proporción del salario por hora que se utilice, situación que enfatiza la necesidad de contar con estimaciones regionales del valor del tiempo de colecta de agua (p.ej., para la región Centro Americana). Aun cuando *Whittington et al.* (1990); *Pattanayak et al.* (2005); *Jeuland et al.* (2010) utilizan tasas que provienen de estudios de países en vías de desarrollo, las condiciones socioeconómicas y, sobre todo, el valor monetario del tiempo de colecta que se puede asignar en zonas con sequía de la región, pueden ser diferentes.

Costos promedio de transporte por hogar

El costo por transporte considera el monto de ida y vuelta pagado por las personas para desplazarse desde sus hogares hacia las fuentes de agua más distantes, las cuales, debido a su ubicación, requieren del uso de un medio de transporte. De todas las fuentes de agua utilizadas, la única que demanda el servicio de buses colectivos son los ríos o quebradas. En promedio, cada uno de los hogares gasta al mes 0.52 US\$, los cuales equivalen a 3.95 quetzales por transportarse hacia la fuente (cuadro 4). Este costo incluye el traslado de hombres, mujeres y niños, y de los recipientes cargados con agua. En este análisis, se excluyeron los pagos realizados por movilización cuando las personas utilizan la fuente para otros fines, por ejemplo para lavar ropa y actividades de limpieza personal (bañarse). Teóricamente, la forma en que los hogares se transportan para abastecerse de agua constituye un elemento importante para entender cómo podrían variar los precios del líquido y, por ende, la demanda en estas zonas de sequía (*Nauges y Whittington 2010a*).

Cuadro 4. 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)	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

5.2.2 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. Los hogares de la

comunidad incurren en este tipo de costos monetarios, principalmente, en épocas de verano. En promedio, cada hogar gasta de 9.03 US\$ (68.69 quetzales) para abastecerse con esta medida de adaptación. Aunque el porcentaje de hogares que incurren en este costo es alto, la forma de adquirir el agua corriente (sin tratamiento) es un aspecto determinante para ello, ya que los hogares, cada vez que compran, pueden adquirir 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).

5.2.3 Costos económicos por almacenamiento

Para esta estimación, se identificó que los hogares utilizan 8 tipos de recipientes: tambos de plástico o galones, botellas, cubetas de plástico, tanques de cemento, tanques de plástico, pilas de almacenamiento, tinas, y toneles. De estos, las botellas de plástico no imputan ningún costo monetario a los hogares, pues se adquieren con otros fines (Vasquez 2012). Para el resto de recipientes, se asumió que fueron comprados en los mercados locales. Este supuesto se respaldó con las entrevistas realizadas a los hogares, en las que las personas manifestaron que los recipientes son utilizados constantemente y fueron adquiridos con el único fin de mantener agua almacenada en las viviendas.

Para todos los recipientes de plástico, con excepción de los tanques y las pilas de almacenamiento, el costo imputable a cada hogar corresponde a los valores mensuales de depreciación de todos los recipientes empleados. Para esta estimación, se utilizó el método de depreciación lineal y se tomó como base 10 años de vida útil (ISR 2012). Para los tanques y pilas de almacenamiento, el costo imputable a cada hogar también corresponde a los valores mensuales de depreciación. Para su estimación, se empleó el método de depreciación lineal y se tomó como base 30 años de vida útil (Pattanayak y Yang 2005; Vasquez 2012). En general, todos los recipientes de plástico y los contruidos de cemento imputan a los hogares, en promedio, costos mensuales de almacenamiento de 0.96 US\$, los cuales equivalen a 7.29 quetzales por mes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costos promedio por almacenamiento.

Recipiente de almacenamiento	Capacidad promedio (litros)	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

5.3 Integración de los costos de las medidas de adaptación

Esta integración indica los costos promedio en que incurren los hogares para abastecerse de agua de consumo doméstico bajo las condiciones de sequía y el actual sistema de abastecimiento

comunitario. Consiste en la adición de los valores de colecta y acarreo, almacenamiento y compra de agua (Cuadro 6). Los costos promedio para los hogares son de 15.14 US\$ (115.20 quetzales) al mes, 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.

Como muestra el cuadro 6, dentro de las medidas de adaptación implementadas por los hogares de la comunidad Maraxco, existen dos que imputan los mayores costos. Por una parte, la compra de agua tanto corriente (sin tratamiento) como agua purificada; por otra parte, la medida de adaptación colecta y acarreo, la cual incluye tres fuentes de agua. Dentro de estas fuentes, los tanques comunitarios son los que mayores costos imputan, debido al efecto que tiene el valor monetario del tiempo derivado de la colecta que se realiza en ellos.

En general, el valor monetario del tiempo invertido en todas las fuentes de agua tiene una proporción significativa en los costos totales de adaptación: de los 15.14 US\$ por mes estimados, el 34.03% corresponden al costo sombra del tiempo (5.15 US\$/mes). Este porcentaje muestra que los esfuerzos por coleccionar y acarrear agua, debido a la escasez por sequía, pueden generar un impacto en el bienestar de los hogares. Por otra parte, la agregación de todos los costos de las medidas de adaptación representan el 7.21% de los ingresos promedio mensuales del jefe del hogar. Este porcentaje está distribuido de la siguiente manera: los costos de colecta y acarreo representan el 2.45%, los costos por almacenamiento, 0.46% y los costos por compra de agua, el 4.30%.

Cuadro 6. Costos integrados de las medidas de adaptación para la comunidad Maraxco.

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

Los costos totales de las medidas de adaptación, presentados en el cuadro 6, pueden ser implementados con diferentes intensidades de acuerdo con los ingresos de cada hogar. Por lo tanto, la escasez de agua puede impactar de diferente forma a los estratos económicos de la comunidad. Para evaluar esta situación, se utilizaron los ingresos mensuales promedio del jefe del hogar (en rangos), comparados con los costos de cada una de las medidas de adaptación implementadas: colecta y acarreo, almacenamiento y compra de agua (figura 5).

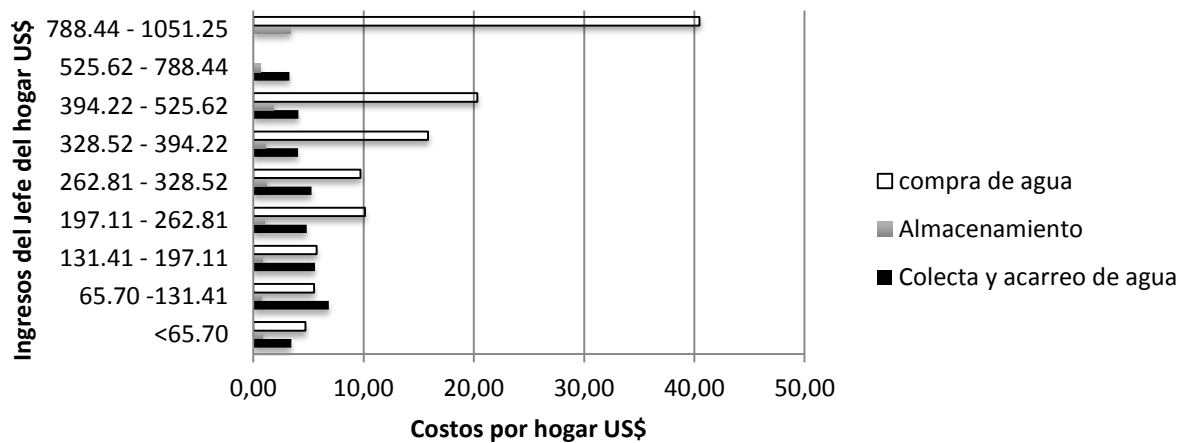


Figura 5. Distribución de costos de adaptación por rango de ingresos.

Se puede observar que, para la mayoría de rangos de ingresos del jefe del hogar, los costos de colecta y acarreo son relativamente altos. Esta tendencia es aún más fuerte en los hogares de menores ingresos <131.41 US\$ (<1,000 quetzales). Además, da indicios sobre la importancia de los costos sombra o no considerados del tiempo en estas circunstancias de acceso al agua, ya que los costos de colecta y acarreo (en ríos y tanques comunitarios) para los hogares ubicados en estos rangos, en algunos casos, son superiores a otras medidas de adaptación (compra y almacenamiento de agua), los cuales representan costos directos para suplir las necesidades de agua (figura 4).

Los altos costos en colecta y acarreo de agua en los estratos más bajos de ingresos en la comunidad constituyen una evidencia empírica a favor de las consideraciones de *Agrawal et al. (2008)* y *ADB (2011)*. Estos afirman que las personas o grupos con menos ingresos económicos, que dependen de recursos naturales (agua), son los que soportan la mayor parte de los efectos negativos de los eventos climáticos extremos como las sequías, e impactos proyectados del cambio climático en general. Este incremento en las repercusiones se debe a que poseen una menor 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 debido al incremento de las sequías).

En razón del impacto económico que las medidas de adaptación tienen sobre los hogares de la comunidad, en gran medida por la escasez de agua debido de las sequías, será importante tomar acciones que ayuden a minimizar estas consecuencias. Por ello, mantener el funcionamiento del servicio que actualmente proporciona la OCSAS y gestionar un nuevo sistema de agua más eficiente serán medidas fundamentales para afrontar las sequías de los próximos años, ya que la percepción del riesgo a mayores sequías podría llevar a los hogares a tomar medidas de adaptación anticipadas o proactivas, las cuales podrían incrementar los costos económicos actuales de adaptación.

En este sentido, las entrevistas revelaron que el 36.45% del total de hogares encuestados cree que en los próximos 5 años los veranos serán aún más fuertes y, en consecuencia, podrían tomar al menos 3 medidas de adaptación a nivel de hogar: almacenar mayor cantidad de agua, comprar agua de los camiones o vendedores particulares e incrementar la cantidad de agua colectada de los ríos o quebradas cercanas. Esta percepción reafirma la necesidad de implementar medidas de adaptación a

nivel colectivo, que ayuden a reducir la cantidad de estrategias que, actualmente, están implementado los hogares para lograr el abastecimiento de agua.

5.4 Estimación de la DP para un nuevo sistema comunitario de agua

Para esta estimación se utilizaron los métodos paramétrico y no paramétrico. Con la ayuda del método no paramétrico, se logró establecer que la media de la voluntad de pago DP por un nuevo sistema de agua entubada es de 20.34 US\$ (154.8 quetzales) al mes por hogar. Además, se brindó una primera aproximación de la DP que se pretende encontrar para los hogares de la comunidad (Anexo 3). Con la utilización del método paramétrico, se lograron incorporar variables socioeconómicas que influyen en la DP promedio. Para este análisis, las variables que se encuentran estadísticamente correlacionadas son (cuadro 7): los ingresos del jefe del hogar y el monto o tarifas propuesta (Hanemann *et al.* 1991; Wooldridge 2006). Con este último método, se estimó la media de la DP final para los hogares de la comunidad, la cual corresponde a 21.23 US\$ (161.58 quetzales) al mes por hogar (Cuadro 8).

Cuadro 7. Regresión Probit para la estimación de la DP.

Variablen	Coefficientes estimados	error estándar	Valor p>z
Monto sugerido (quetzales)	-0,183*	0,002	0,000
ingresos del jefe del hogar (quetzales)	0,001*	0,0002	0,000
Personas que viven en la casa	-0,08	0,056	0,150
Menores de 15 años	0,11	0,082	0,160
Hogares en una casa	0,31	0,185	0,090
Tipo de vivienda	-0,07	0,104	0,450
Nivel de educación del jefe del hogar	0,266	0,264	0,310
hogar con tecnología (televisión, refrigerador y celular)	0,07	0,317	0,830
Núm. de fuentes de agua que utilizan	-0,13	0,110	0,230
Percepción de sequías	0,17	0,220	0,440
Constante	1,69*	0,704	0,017

Medidas de ajuste

Número de observaciones= 299

log likelihood= -91.64

LR chi2 (2)= 213.11

Prob> chi2 =0,000

*significativo a un nivel de 0.05 (1- α).

Cuadro 8 Estimación de la DP promedio, método paramétrico.

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

La DP promedio se determinó teniendo en cuenta el efecto de las variables socioeconómicas que tienen significancia estadística a un nivel de 0.05 (1- α). Las distintas variables incluidas influyeron en la probabilidad de obtener respuestas positivas a la pregunta de valoración contingente -VC- planteada. En este sentido, se encontró que por cada unidad monetaria expresada en quetzales en la variable “monto sugerido”, la probabilidad de tener respuestas positivas

disminuye en 0,69%. Por otra parte, en la variable “ingresos mensuales promedio del jefe del hogar”, cada unidad monetaria de ingresos expresada en moneda local (quetzales) aumenta la probabilidad de las respuestas positivas en 0.039% (Cuadro 9) (Anexo 4)

Cuadro 9. Efectos marginales de las variables socioeconómicas.

Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Descripción de variables
Monto sugerido	-0,0069359*	0,00074	Cantidad de dinero expresada en moneda local (quetzales).
Ingresos del jefe del hogar	0,0003921*	0,00006	Cantidad de dinero expresada en moneda local (quetzales).
Personas que viven en la casa	-0,0300399	0,02106	Cantidad de personas que viven en una misma casa.
Menores de 15 años	0,0433742	0,03125	Cantidad de personas menores de 15 años que viven en una misma casa.
Hogares en una casa	0,1186506	0,06982	Hogares o familias que viven en una misma casa (misma infraestructura).
Tipo de vivienda	-0,029469	0,03909	Tipo de vivienda, clasificada de 1 a 5, donde 1= La 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 en el hogar 1= con tecnología.
Fuentes de agua que utilizan	-0,0498694	0,04156	Cantidad de fuentes de agua que utiliza cada hogar.
Percepción de sequías	0,0643596	0,08243	0= cree que las sequías provocan la escasez de agua. 1= la escasez se debe a otras causas.

*significativo a un nivel de 0.05 (1- α).

5.5 Estimación del beneficio social Neto BSN

Para mejorar el abastecimiento de agua en la comunidad Maraxco se hace necesario contar con un sistema nuevo de agua entubada que mitigue o evita las diferentes medidas de adaptación y los costos asociados a cada una de ellas. Para inferir el valor económico del sistema y los beneficios potenciales que se obtendrían, se articularon dos métodos de valoración económica: A) los costos evitados de las medidas de adaptación y B) la voluntad a pagar DP por un nuevo sistema de agua (Pattanayak y Yang 2005; Whitehead *et al.* 2008). Esta doble articulación ha permitido demostrar la necesidad de los hogares por adaptarse a las condiciones de sequía con un nuevo sistema comunitario de agua entubada y analizar los beneficios sociales derivados de dicho sistema bajo un escenario de costo-beneficio.

Los supuestos establecidos para realizar el análisis con el método de costos evitados de las medidas de adaptación son: A) El nuevo sistema de agua entubada por pozo mecánico brindará conexiones domiciliarias y abastecerá a todos los hogares durante al menos 8 horas diarias para toda la época del año. B) 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). C) Al contar con el nuevo sistema de agua entubada, el tiempo de espera para realizar la colecta desde los chorros públicos (en promedio 12.44 horas/mes) será evitado y, por ende, también los costos que la espera implica (4.61 US\$/hogar/mes). D) También, se evitarán los costos

por colecta y acarreo realizados desde los ríos o quebradas, tanques comunitarios y camiones vendedores. E) Los costos por compra de agua serán evitados. F) Las actividades de almacenamiento utilizando diferentes recipientes se seguirán realizando. Por tanto, estos costos no se evitarán.

Con los supuestos planteados, se estimaron los beneficios sociales derivados de evitar diferentes costos, los cuales se compararon con los resultados de la DP por un nuevo sistema comunitario de agua entubada. La comparación se realizó para verificar el supuesto teórico planteado por Courant y Porter (1981); Pattanayak et al. (2005), quienes indican que las aproximaciones de las acciones implementadas para abastecerse de agua, ante circunstancias de escasez (medidas de adaptación), teóricamente, deben ser inferiores a la DP establecida para mejorar los actuales servicios de provisión de agua. Los resultados obtenidos confirman el supuesto, ya que los beneficios sociales de 18.77 US\$/mes/hogar obtenidos al evitar los costos de las medidas de adaptación, son inferiores a los beneficios expresados con la DP para establecer un nuevo sistema comunitario, 21.23 US\$/mes/hogar (161.58 quetzales).

La diferencia entre ambos métodos de valoración económica corresponde a US\$ 2.46/mes. Sin embargo, la magnitud de esta diferencia podría cambiar significativamente, 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, se han identificado 2 aspectos que pueden influir en este último (valor monetario del tiempo). Por un lado, la utilización de entrevistas directas para la recolección de datos sobre el tiempo invertido para la colecta y acarreo de agua puede influir en los resultados. Al utilizarse como metodología para recuperar la información, pueden existir sesgos en las estimaciones, debido a deficiencias puntuales como su dependencia de la memoria del colector y la percepción de tiempo que cada individuo tiene (Chaudhri et al. 2012; Masuda et al. 2012). Por otra parte, la valoración monetaria del tiempo de colecta es muy sensible a la tasa del salario por hora utilizado, tal como se mostró en el cuadro 4. Diferentes tasas del salario por hora (25%, 50%, y 75%) influyen en los costos totales de colecta y, por ende, en los costos totales de adaptación.

Pese a las limitaciones, la aplicación de los dos métodos de valoración económica en el mismo escenario refleja la necesidad y la demanda de los hogares por un nuevo sistema de abastecimiento de agua, que sea más eficiente y que cubra las necesidades de agua de consumo doméstico. En tal situación, las medidas de adaptación que se documentaron constituyen las elecciones reales de los hogares por abastecerse de agua de consumo doméstico. Por otra parte, la disposición a pagar estimada bajo un escenario realista constituye el valor del abastecimiento a través de un sistema que mitigue o evite las diferentes medidas de adaptación implementadas de forma individual (Pattanayak y Yang 2005; Whitehead et al. 2008).

El nuevo proyecto de agua entubada de la comunidad ofrece cambios en el bienestar 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 (costos evitados) son el límite inferior de la voluntad de pago, reflejarían el umbral mínimo de los beneficios sociales en el análisis de costo-beneficio. Por tanto, si los costos de las medidas de adaptación exceden el costo por implementar el proyecto o suministrar el servicio de agua, el

proyecto supera satisfactoriamente la prueba de costo-beneficio, y proporciona rentabilidad y ganancias sociales.

En este estudio, para el análisis de costo-beneficio, se utilizó el criterio del valor actual neto – VAN– (Cuadro 10), empleando flujos de caja constantes y una tasa de descuento del 10%. Para ambos casos (costos evitados de las medidas de adaptación y DP), se pudo establecer que los beneficios sociales superan a los costos por implementar el nuevo proyecto. En tal situación, el VAN fue superior a 0. De este modo, el proyecto supera exitosamente la prueba de costo-beneficio y proporciona ganancias sociales expresadas como el beneficio social neto de la inversión -BSN- (Anexo1).

La tasa social de descuento utilizada para este análisis es inferior a la aplicada habitualmente por bancos multisectoriales. De acuerdo con García *et al* (2014), con la tasa habitual (12%), se hace difícil justificar proyectos de agua potable relacionados con la adaptación en zonas bajo condiciones climáticas adversas, principalmente, debido a la larga vida útil que suelen tener estos proyectos (30-50 años). Teniendo en cuenta estos aspectos y que el uso de una tasa de descuento sigue siendo controvertida, el 10% utilizado en este estudio corresponde al límite superior de las tasas de interés imputadas por el sistema bancario de Guatemala. Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad, con lo que se deja en manifiesto la fuerte influencia de la tasa de descuento sobre el valor económico percibido del proyecto, y su papel determinante para decidir sobre la aplicación de una política a lo largo de los años (Boardman *et al.* 2001). Las tasas que se utilizaron para este análisis fueron 12% y 8% (Cuadro 10). Sin embargo, independientemente de la tasa de descuento que se utilice y del método para establecer los beneficios sociales derivados de la implementación del proyecto, este resulta rentable, en todos los casos (Cuadro10).

Cuadro 10. Análisis de costo-beneficio del nuevo proyecto de agua entubada.

Beneficios sociales	Horizonte de análisis (años)	Criterio de decisión	Tasa de descuento (%)	Beneficios sociales netos (US\$)
Costos evitados de las medidas de adaptación	30	Valor actual neto	10	207,038.21
Costos evitados de las medidas de adaptación	30	Valor actual neto	8	317,962.59
Costos evitados de las medidas de adaptación	30	Valor actual neto	12	118,360.28
Voluntad a pagar DP	30	Valor actual neto	10	267,965.76
Voluntad a pagar DP	30	Valor actual neto	8	390,522.13
Voluntad a pagar DP	30	Valor actual neto	12	170,523.52

Al utilizar los beneficios sociales derivados de los resultados de la DP, se hace una aproximación con más detalle a los beneficios sociales netos derivados del proyecto comunitario, pues esta medida de bienestar incorpora, indirectamente, valores que se podrían haber dejado por fuera con el método de costos evitados de las medidas de adaptación. Estos últimos hacen referencia a los costos 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 este sentido, el beneficio social neto –BSN- que se estableció es de 267,965.76 US\$ (2,039,219.43 quetzales), para 30 años del proyecto expresados en valores del presente para toda la comunidad (Cuadro 10 y Anexo 2).

Finalmente, con el pleno conocimiento de que la cuota que los hogares están dispuestos a pagar -DP- le brinda rentabilidad y ganancias sociales al proyecto de agua, se puede inferir que mejorar la capacidad adaptativa a la sequía, con acciones colectivas (proyecto comunitario), es una necesidad y una intervención acertada en los hogares de la comunidad con el fin de incrementar su bienestar. La decisión de los hogares por tener un nuevo sistema de agua entubada implica que toda la comunidad debe llegar a acuerdos sólidos para mantener dicho sistema como un recurso de propiedad común –RPC-. Así, la cuota a pagar por una cantidad de agua proporcionada es un criterio básico para imponer los límites del recurso y excluir a los hogares de su uso cuando sea el caso (Ostrom 1990).

Los resultados del análisis de costo-beneficio ponen de manifiesto que las limitaciones para la implementación del nuevo proyecto de agua van más allá de aspectos de rentabilidad económica y viabilidad social. En este sentido, se deben mencionar al menos dos aspectos importantes: a) Condiciones institucionales que faciliten el acceso al financiamiento para la construcción de infraestructura comunitaria de agua (p.ej., requerimientos de las organizaciones financieras del país para otorgar créditos a comunidades rurales) y b) Apoyo de organizaciones gubernamentales encargadas de la provisión de agua en el país, principalmente, para el diseño de estrategias que garanticen la sostenibilidad financiera del proyecto comunitario. Este último aspecto implica garantizar el flujo de efectivo para cubrir las actividades de operación, mantenimiento y funcionamiento del nuevo proyecto de agua.

6. CONCLUSIONES

Fundamentalmente, esta investigación analiza cómo la sequía afecta la eficiencia y disponibilidad de agua en el sistema comunitario de agua. Con ello, pone en evidencia las actividades o medidas de adaptación tomadas por las comunidades para suplir las necesidades de agua de consumo doméstico, los costos económicos asociados a dichas medidas y las implicaciones en el bienestar de los hogares rurales ubicados en la comunidad Maraxco, dentro del corredor seco de Guatemala.

En el contexto rural de la comunidad Maraxco, el comité de agua local –OCSAS- es el encargado del suministro de agua de consumo doméstico. Como tal, juega un papel determinante para ayudar a mitigar o eliminar las medidas de adaptación que realizan los hogares para abastecerse de agua, principalmente, mediante la implementación de acciones colectivas (p.ej., gestionar el mejoramiento de la infraestructura comunitaria) para afrontar las condiciones actuales

de sequías y potenciales efectos del cambio climático, relacionados con la reducción de la cantidad de agua de consumo doméstico.

La escasez de agua en el actual sistema comunitario derivada de las condiciones de sequía ha llevado a los hogares a ejecutar tres grupos de medidas de adaptación: 1) medidas de colecta y acarreo, 2) medidas de almacenamiento y 3) compra de agua. El componente principal para medidas de colecta y acarreo es el tiempo invertido en las diferentes fuentes de agua. Aquí, los hogares invierten un tiempo promedio de 11.70 horas al mes, distribuidas en 2.28 horas al mes para los hombres, 7.37 horas al mes para las mujeres y 2.05 horas al mes para los niños.

En general, las medidas de adaptación para hacer frente a la ineficiencia del actual sistema comunitario de agua imponen costos promedio de 15.14 US\$ (115.20 quetzales) al mes, distribuidos de la siguiente manera: 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. Las tres cifras representan el 7.21% de los ingresos mensuales del jefe del hogar, lo cual constituye un indicador importante del impacto económico de las sequías en los hogares que se encuentran bajo un sistema comunitario de agua ineficiente, debido a este fenómeno climático.

La construcción de un nuevo sistema comunitario de agua entubada es una necesidad subyacente en los hogares de la comunidad Maraxco. Su conveniencia se logró comprobar mediante la articulación de dos métodos de valoración económica ambiental: costos evitados de las medidas de adaptación y la DP promedio que los hogares están dispuestos a pagar por tener un nuevo sistema de agua entubada. De acuerdo con las evidencias encontradas, se pudieron identificar al menos dos elementos que determinan la magnitud de las divergencias entre ambos métodos aplicados en un escenario de escasez de agua. Estos dos aspectos podrían guiar el análisis comparativo entre los dos métodos y contribuir a su aplicación en otras zonas con características similares.

Se estableció que los costos evitados de las medidas de adaptación constituyen el umbral mínimo de los beneficios sociales en el análisis de costo-beneficio. Sin embargo, estos exceden el costo por implementar el proyecto o suministrar el servicio de agua, por lo que el nuevo sistema de abastecimiento de agua entubada supera la prueba de costo-beneficio y se constituye en una inversión rentable, que proporciona ganancias sociales. Por otra parte, con la utilización de la DP en el análisis de costo-beneficio, se estableció que el beneficio social neto -BSN- del proyecto comunitario de agua es de 267,965.76 US\$ (2,039,219.43 quetzales), para 30 años del proyecto.

Los resultados del análisis de costo-beneficio para el nuevo proyecto de agua entubada justifican la inversión y dejan de manifiesto la necesidad de la acción colectiva para hacer frente a la ineficiencia del actual sistema comunitario, debido a los periodos prolongados de sequía. La implementación de dicho proyecto es una vía funcional para mejorar la oferta de agua en los hogares e incrementar la capacidad adaptativa de la comunidad para enfrentar las condiciones actuales de sequía y potenciales efectos del cambio climático. Por otra parte, los hallazgos de este análisis constituyen elementos importantes para conducir políticas públicas y promover

intervenciones e inversiones más acertadas, orientadas a mejorar los suministros de agua en comunidades rurales donde la capacidad de gestionar recursos, en muchos casos, es limitada.

Establecer el nuevo sistema comunitario de agua entubada no constituye una solución absoluta para afrontar el desabastecimiento en zonas rurales con sequías, ya que la eficiencia y la calidad de los servicios de agua de consumo doméstico también depende de otros factores. Dentro de estos se pueden mencionar: la capacidad de gestión de la OCSAS (gestión de tarifas y mantenimiento del sistema), capacidad de la comunidad para mantener el sistema de agua como un recurso de propiedad común -RPC- y apoyo de las organizaciones gubernamentales encargadas de garantizar el abastecimiento de agua en las zonas rurales del país.

Para implementar medidas de adaptación colectiva (proyecto comunitario de agua), con el fin de enfrentar las sequías y posibles efectos del cambio climático, es sumamente importante considerar la sostenibilidad financiera del proyecto comunitario. Lograr que el proyecto sea sostenible, y garantizar el bienestar de los hogares en el largo plazo, requiere de estrategias económicas compartidas entre la comunidad representada por la OCSAS y los sectores gubernamentales encargados de la provisión de agua a nivel de país. Estas medidas deben orientarse, principalmente, a enfrentar los altos costos de operación y mantenimiento que suelen tener los proyectos de agua en zonas con escasez de agua, debido a los periodos de sequía.

Finalmente, la documentación acerca del comportamiento que han tenido los hogares de la comunidad Maraxco para abastecerse de agua, bajo condiciones históricas de sequía, es una herramienta importante para aprender sobre los efectos de la variabilidad climática en el bienestar de los hogares con limitada capacidad adaptativa. Estos resultados también pueden ser extrapolados a otras comunidades de similares características, que experimentan escasez de agua producto de mayores sequías o efectos potenciales del cambio climático, y justificar inversiones parciales o totales en los sistemas comunitarios de agua.

7. 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/tomoI_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. Disponible en http://ipcc-wg2.gov/njlite_download2.php?id=9583.
- 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 ManagementT (8): 321-329 Consultado 22 de Noviembre 2014. Disponible en <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/24180/0000439.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 0095-0696/8 I/40032 1-09\$02.00/0
- Chaudhri, R.; Sodt, R.; Lieberg, K.; Chilton, J.; Borriello, G.; Masuda, Y.J.; Cook2, J. 2012. Low-power Sensors and Smartphones for Tracking Water Collection in Rural Ethiopia ieeepervasive 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 maraxcó y mejoramiento del tramo carretero que conduce a la aldea shusho arriba, municipio de chiquimula Guatemala, Univeersidad 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. Septima ed. Cordoba, 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>
- 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. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387809000662> 10.1016/j.jdeveco.2009.06.007

- 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>
- Lentini, E. 2010. Servicios de agua y saneamiento en Guatemala. Guatemala, Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL. 93 p. (Beneficios potenciales y determinantes de éxito) Consultado 16 de Enero 2014. Disponible en <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/41140/lcw335e.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 América Central. ONU. (Global Assessment 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
- Margulis, S.; Narain, U.; Chinowsky, P.; Cretegy, L.; Hughes, G.; Kirshen, P.; Kuriakose, A.; Lange, G.; Nelson, G.; Neumann, J. 2010. Cost to developing countries of adapting to climate change: New methods and estimates. Consultado 25 de Noviembre 2014. Disponible en <http://siteresources.worldbank.org/EXTCC/Resources/EACC-june2010.pdf>
- MARN. 2007. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y sequía de Guatemala segunda ed. Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 92 p. Consultado 10 de Diciembre del 2013. Disponible en <http://www.marn.gob.gt/documentos/unideseq/proandys.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. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s11205-012-9995-x> DOI 10.1007/s11205-012-9995-x
- Biennial Conference of the International Association for the Study of the Commons. 2008. Insights from the field for measuring and analyzing adaptation in common-pool resource management. Cheltenham, England. Disponible en http://iasc2008.glos.ac.uk/conference%20papers/papers/M/Murtinho_207901.pdf
- 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. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/>
- 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
- 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. Disponible en http://www.researchgate.net/publication/228360158_Coping_with_unreliable_public_water_supplies_averting_expenditures_by_households_in_Kathmandu_Nepal/file/9fcfd50671f80987a7.pdf
- Pettengell, C. 2010. Adaptación al cambio climático. Reino Unido, OXFAM. (Informe de investigación de Oxfam) Consultado 05 de Diciembre 2013. Disponible en [http://www.manosunidas-online.org/campanas/DyJC/documentos/SaberMas/CoaliClima/Oxfam-InformeSobreAdaptacionAlCambio\(2010\).pdf](http://www.manosunidas-online.org/campanas/DyJC/documentos/SaberMas/CoaliClima/Oxfam-InformeSobreAdaptacionAlCambio(2010).pdf)
- 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. 2006. Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala. Gobierno de Guatemala
- Banco interamericano de desarrollo. Consultado 20 de Noviembre del 2013. Disponible en http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_remository&Itemid=274&func=startdown&id=344
- 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>
- 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
- Ward, P.J.; Strzepek, K.M.; Pauw, W.P.; Brander, L.M.; Hughes, G.A.; Aerts, J.C. 2010. Partial costs of global climate change adaptation for the supply of raw industrial and municipal water: a methodology and application. Environmental Research Letters (4): 044011. Consultado 30 de Noviembre 2014. Disponible en <http://iopscience.iop.org/1748-9326/5/4/044011>
- 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. Disponible en http://www.readcube.com/articles/10.1111%2Fj.1467-6419.2008.00552.x?r3_referer=wol&show_checkout=1 10.1111/j.1467-6419.2008.00552.x
- 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.