

## Adopción de tecnologías en recursos hídricos y medidas adaptación al cambio climático en la Subcuenca Aguas Calientes, Madriz 2022

## Adoption of water resources technologies and climate change adaptation measures in the Aguas Calientes Sub-basin, Madriz 2022

### **Rolando José Gutiérrez Corea**

Estudiante de doctorado en Gestión y Calidad de la Investigación Científica II Cohorte 2020-2023 (UNAN-Managua). Docente de Biología y Oficial de Investigación, UNAN León, CUR Somoto, Nicaragua

<https://orcid.org/0000-0001-9087-6118>

[rolando.gutierrez@curs.unanleon.edu.ni](mailto:rolando.gutierrez@curs.unanleon.edu.ni)

### **Heyddy Calderón**

Directora CIGEO - UNAN-Managua

<https://orcid.org/0000-0002-4405-8971>

[heyddy.calderon@gmail.com](mailto:heyddy.calderon@gmail.com)

## RESUMEN

El agua es un recurso indispensable para mantener la vida de los ecosistemas naturales; así como las actividades productivas que garantizan los recursos para los humanos. La adaptación al cambio climático es un factor fundamental a considerar en las diferentes iniciativas de desarrollo productivo y de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). El objetivo de esta investigación fue describir el proceso de adopción de las tecnologías y medidas de adaptación para el uso y aprovechamiento del agua que permiten aminorar los impactos negativos del cambio climático en familias productoras del CSN. El estudio es de carácter descriptivo, de corte transversal aplicando métodos cualitativos como: grupos focales de discusión, entrevista semiestructurada y la observación participante. Los resultados indican que se han implementado 3 medidas de adaptación y 14 tipos de tecnologías en recursos hídricos distribuidas de la siguiente manera: 3 de captación de agua de lluvia, 7 de retención y almacenamiento de agua de escorrentía y 4 optimización-reutilización del agua. El proceso inició con la recolección de información primaria y secundaria relevante a los actores clave y visitas de campo para el reconocimiento de las tecnologías en la zona. Se concluyó que las tecnologías de captación de agua de lluvia han sido las más efectivas en la zona alta y media de la subcuenca, pero las de retención y almacenamiento de agua de escorrentía no han sido muy eficientes debido a las condiciones del terreno y las de optimización-reutilización del agua son poco utilizadas. Por otra parte, los comunitarios consideran importante los costos económicos y ambientales que éstas representan.

### **Recibido**

17/10/2022

### **Aceptado**

25/01/2023

## PALABRAS CLAVE

Tecnologías; medidas de adaptación; subcuenca; recursos hídricos; cambio climático.

## **ABSTRACT**

Water is an indispensable resource to maintain the life of natural ecosystems; as well as the productive activities that guarantee resources for humans. Adaptation to climate change is a fundamental factor to consider in the different initiatives of productive development and Integrated Water Resources Management (IWRM). The objective of this research was to describe the process of adoption of technologies and adaptation measures for the use and development of water to reduce the negative impacts of climate change in producing families in the NSC. The study is descriptive and cross-sectional in nature, applying qualitative methods such as: focus group discussions, semi-structured interviews and participant observation. The results indicate that 3 adaptation measures and 14 types of water resources technologies have been implemented, distributed as follows: 3 rainwater harvesting, 7 runoff water retention and storage and 4 water optimization-reuse. The process began with the collection of relevant primary and secondary information from key stakeholders and field visits to identify the technologies in the area. It was concluded that rainwater harvesting technologies have been the most effective in the upper and middle zones of the sub-basin, but runoff water retention and storage technologies have not been very efficient due to the conditions of the terrain, and water optimization-reuse technologies are little used. On the other hand, the community members consider the economic and environmental costs they represent to be important.

## **KEYWORDS**

Technologies; adaptation measures; sub-basin; water resources; climate change.

## INTRODUCCIÓN

La región de Centroamérica, en los últimos cuarenta años se han identificado, validado y difundido una amplia gama de tecnologías para el uso sostenible del agua, pero faltan mayores decisiones políticas e institucionales y financiamientos específicos que permitan una adopción más amplia de las mismas, para que puedan contribuir con mayor efectividad a la adaptación al cambio climático (Global Water Partnership [GWP], 2013). En Nicaragua los períodos de sequía están altamente relacionados con la aparición del fenómeno climático “El Niño/Oscilación del Sur (ENOS)”; no obstante, no todos los períodos de sequías son producto de dicho fenómeno, sino de las alteraciones propias que se manifiestan en la circulación atmosférica (Castillo et al; 2006).

El manejo sostenible de los recursos hídricos debería garantizar agua para la vida humana, preservación y uso sostenible de ecosistemas y además minimizar el impacto de los riesgos hídricos (Calderón, 2016). La región del CSC tiene un importante y crítico corredor seco y semiseco que presenta suelos poco profundos y una mayor variabilidad y estacionalidad de la precipitación promedio que fluctúa entre los 800mm y 2000 mm (GWP, 2013). Por tal razón, se pretende la adopción de tecnologías y medidas de adaptación para las comunidades de la Subcuenca Aguas Calientes que permitan la captación de agua de lluvia para actividades domésticas y productivas. El agua es el principal medio a través del cual el cambio climático influirá en los ecosistemas terrestres y, en consecuencia, en los modos de subsistencia y el bienestar de los seres humanos (Elliott et al; 2011). Asimismo, destacar que el cambio climático ha aumentado la incidencia de eventos extremos como sequías, inundaciones, y huracanes, que han ocasionado grandes pérdidas humanas y económicas (Milán, 2012).

Los estudios realizados por Elliott et al. (2011), Plantea que los impactos negativos del cambio climático en el sector de los recursos hídricos se experimentarán a nivel mundial, pero se prevé que se presentarán con mayor severidad en los países pobres en recursos, es por ello que el acceso a una diversidad de tecnologías y prácticas de adaptación que sean apropiadas y asequibles en varios contextos es una necesidad imperiosa. En la Subcuenca del río Aguas Calientes hay gran escasez de agua para consumo humano y usos productivos; donde plantea que la mitad (53%) de los pozos comunitarios y algunos privados están contaminados y en el verano la cantidad de agua baja hasta en 90% y algunos pozos se secan completamente (Cajina, 2006). Es por eso la importancia del uso y aprovechamiento del agua de lluvia que se almacena en cisternas, pilas y tanques; así como diques y lagunetas que aseguran la subsistencia y desarrollo son los sectores agrícola e hídrico, siendo estos los que se encuentran mayormente amenazados.

Estas nuevas tecnologías y medidas de adaptación, se orientan a reducir el impacto negativo en el ambiente, y la degradación de los recursos renovables, como el agua, el aire y el suelo (FAO, 2016). Una desventaja de algunas tecnologías es que la disponibilidad de agua se limita a las temporadas de precipitación altas y varía para cada región del país, además depende del tamaño del área de captación y del tamaño de tanque o cisterna de que se disponga, los que deben estar en correspondencia con el nivel de precipitaciones evaluadas (Mola et al; 2021). En esta investigación se plantea como objetivo principal describir el proceso de adopción de tecnologías y medidas de adaptación ante el cambio climático por los pobladores de la subcuenca Aguas Calientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

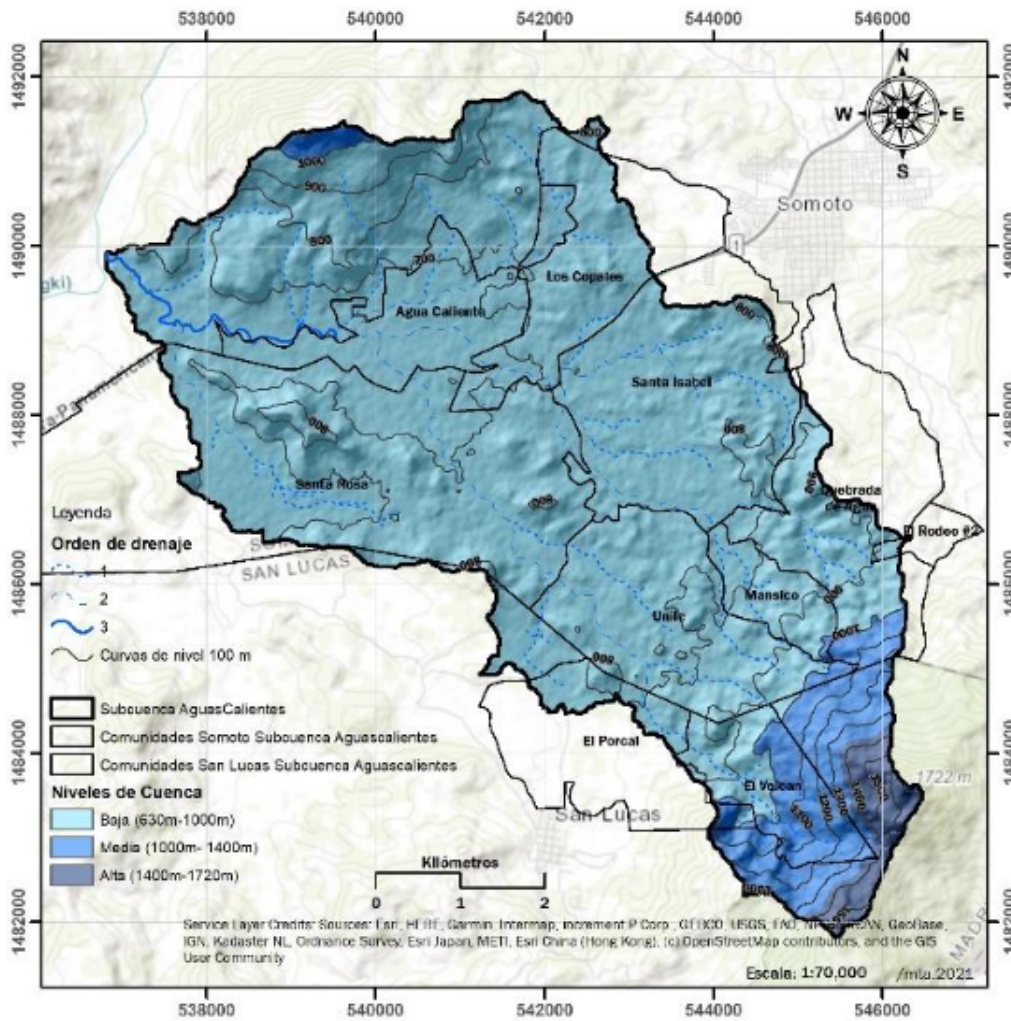
### Tipo de estudio

La metodología se basó en un tipo de estudio cualitativo de carácter descriptivo y de corte transversal, porque se llevó a cabo en un período de tiempo determinado, con la aplicación de métodos cualitativos como la entrevista semiestructurada, grupos focales y la observación participante. El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista interpretaciones y significados (Hernández et al., 2014).

### Área de estudio

La subcuenca del río Aguas Calientes se ubica en la región de Las Segovias, departamento de Madriz, entre las coordenadas 13°24'10" y 13°29'28" latitud norte y 86°34'12" y 86°39'39" longitud oeste (Alcaldía Municipal de Somoto, 2001). La subcuenca forma parte de la red del río Coco y posee numerosos tributarios. En el área de estudio hay diez comunidades, ocho del municipio de Somoto (Aguas Calientes, Quebrada de Agua, Mansico, Los Copales, Santa Rosa, Rodeo No. 2, Santa Isabel, Uniles) y dos del municipio de San Lucas (El Volcán y El Porcal). La subcuenca abarca una superficie de 47,4 km<sup>2</sup> (4737 ha) en los municipios de Somoto (84,5%) y San Lucas (15,5%). La altitud varía de 620 a 1730 m.s.n.m, aunque el 70% del área está entre 620 y 800 msnm (Cajina, 2006).

**Figura 1: Delimitación de la Subcuenca Aguas Calientes**



## Población y muestra

El estudio lo constituyeron miembros de los Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) en 10 comunidades de la subcuenca Aguas Calientes. Estas estructuras son las organizaciones legales y jurídicas responsables del manejo y administración de los recursos hídricos, según lo contempla la Ley 722 que los define como organizaciones sin fines de lucro, que de manera voluntaria y electos democráticamente, tienen a su cargo la administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable y saneamiento en la comunidad, con el apoyo de todos los usuarios, a quienes además, rinden cuentas de sus gestiones y actividades (LEY N°. 722. Ley Especial de los Comités de Agua Potable y Saneamiento., 2010)

La muestra la conformaron 5 miembros de los CAPS y 5 propietarios de tecnologías en 3 comunidades de la subcuenca Aguas Calientes con características similares (El Porcal, Uniles y Aguas Calientes), donde el criterio

principal fue la presencia de algún tipo tecnología; así como la implementación medidas de adaptación y el almacenamiento de agua de lluvia.

### **Técnicas de recolección de datos**

Para el levantamiento de información se seleccionaron comunidades que han sido el escenario de intervención de diferentes estudios relacionados con los efectos del cambio climático por su ubicación en el Corredor Seco Nicaragüense orientados hacia el manejo y gestión de cuencas hidrográficas en la subcuenca Aguas Calientes. No obstante, hace referencia que el abastecimiento de agua es un problema serio en la subcuenca, creándose el interés de los comités comunales de cuencas y los habitantes de las comunidades, representados por los CAPS, de estudiar cuales podrían ser las mejores tecnologías que mejor se adaptarían a las condiciones de la subcuenca para captar agua y que estas ya habían sido validadas en otros lugares con características similares.

Las técnicas para obtener la información fueron grupos focales por comunidad, entrevistas semiestructuradas y visitas de campo para realizar observación acompañado de una lista de chequeo.

Para el procesamiento de la información se realizaron memorias de los grupos focales donde se aplicó una guía de preguntas para obtener información del proceso de adopción de las tecnologías y las medidas de adaptación. De igual manera se utilizó el programa Excel para generar esquemas que permitieran conocer aspectos relevantes sobre el tema.

### **Etapas de la investigación**

En primer lugar, se realizó revisión documental de literatura científica, se consideraron estudios relacionados sobre tecnologías y medidas de adaptación implementados en la subcuenca Aguas calientes. En segundo lugar, se realizaron grupos focales en 3 comunidades priorizadas, lo que permitió realizar reflexiones sobre las medidas de adaptación ante el fenómeno de la sequía y la importancia del almacenamiento de agua de lluvia para la época de sequía. También se hizo visitas de campo a los propietarios de tecnologías para observar el estado de las tecnologías y las medidas de adaptación ante el fenómeno del Cambio Climático.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Medidas y tecnología en recursos hídricos

En las tres comunidades seleccionadas se evidenció el uso de tecnologías en recursos hídricos y como resultado del estudio se identificaron 14 tecnologías, las cuales están contenidas en 3 medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático.

**Cuadro 1 Principales medidas de adaptación y tecnologías encontradas en la subcuencas Aguas Calientes en el departamento de Madriz**

Subcuencas Aguas Calientes	Medidas de adaptación	Tecnologías
	Captación de agua de lluvias	Cisternas Pilas Tanques plásticos
	Almacenamiento y almacenamiento de agua de escorrentía.	Reservorios en laderas Micropresas desmontables Acequias a nivel con barreras vivas Diques de piedras y prendones Lagunetas o embalses Terrazas individuales Cubetas individuales
	Optimización y reutilización del recurso agua	Riego por goteo con cinta Biofiltro para aguas grises Beneficio ecológico Riego por goteo con botellas plásticas y uso de mulch

### Tipos de tecnologías por comunidad

1. En la comunidad El Porcal, las tecnologías más utilizadas son las de captación de agua de lluvia como: pilas, cisternas, las acequias a nivel, los diques y cubetas individuales.
2. En la comunidad de Uniles, las más frecuentes son las de captación y almacenamiento como los tanques plásticos, pilas, las acequias a nivel, las cisternas, se identificó de la práctica del riego por goteo, los biofiltro para aguas grises, beneficios ecológicos, el riego por goteo con botellas plásticas y uso de mulch.
3. En la comunidad Aguas Caliente, se encuentran las tecnologías de almacenamiento o retención como los tanques plásticos, pilas, el riego por goteo, micropresas desmontables, lagunetas o embalses.

Se puede apreciar que los tanques plásticos para el almacenamiento de agua son los más comunes en la comunidad de Uniles y Aguas Calientes, mientras en la comunidad El Porcal, las tecnologías más utilizadas actualmente son las cisternas, acequias, el riego por goteo y las cubetas individuales, debido a que sus bajos costos, accesibles y su duración mucho más prolongada. Sin embargo, existen tecnologías que solo en sus inicios son efectivas, pero después de cierto tiempo el mantenimiento y los materiales son muy costosos por lo que se dejan de utilizar.

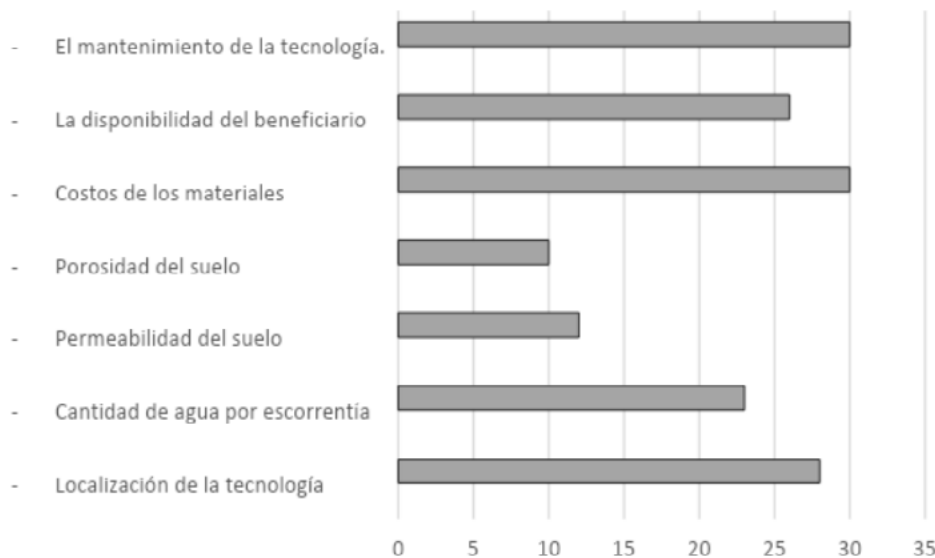
**Figura 2 Tecnologías priorizadas en la subcuenca Aguas Caliente**



### Criterios para la adopción de las tecnologías en recursos hídricos

El almacenamiento del agua superficial es un desafío para las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes, por lo que se debe de tener en cuenta criterios para la selección de las tecnologías, reflejados en la siguiente figura.

**Figura 3: Criterios para instalación de tecnología en recursos hídricos**

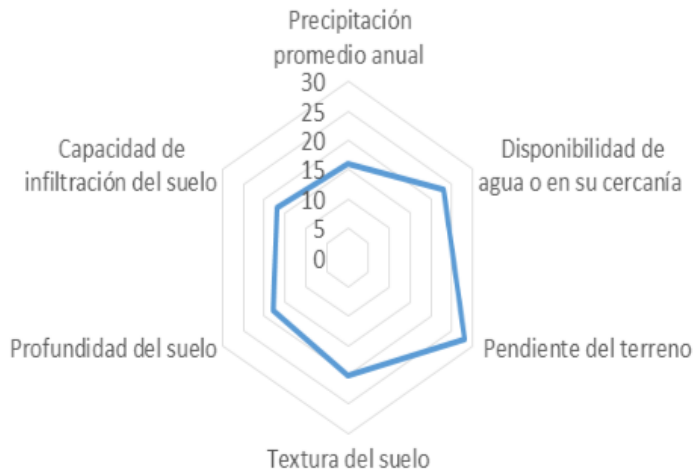




## Efectividad de las tecnologías

Se estima que existen al menos 6 criterios técnicos fundamentales en la identificación de las tecnologías eficientes para el uso del agua, considerando el tipo de patio, parcela o finca; el valorar y considerar estos criterios favorece la efectividad de las tecnologías y su contribución al manejo sostenible del agua y de las fuentes hídricas.

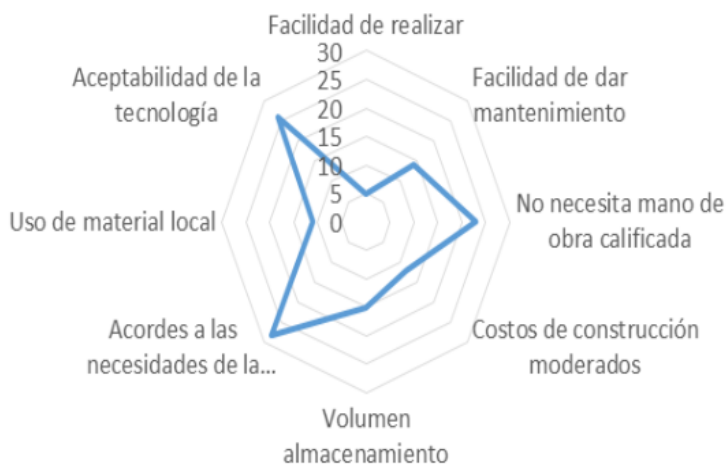
**Figura 4: Criterios que favorecen la efectividad de las tecnologías**



## Proceso de adopción de tecnologías

Las tecnologías suministradas a la subcuenca Aguas Calientes han sido aceptadas por la población en gran medida porque están acorde a necesidades como la sequía y escasez de agua, la mano de obra no siempre debe de ser calificada, almacenan volúmenes considerables de agua y el mantenimiento no es muy costoso en comparación con otras tecnologías que requieren de grandes inversiones.

**Figura 4: Proceso de adopción de tecnologías**



## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo evidencian las tecnologías priorizadas y medidas relacionadas a reducir el nivel de vulnerabilidad del sector recursos hídrico a nivel doméstico y productivo, enfocadas en el aprovechamiento del agua de lluvia, el mantenimiento de reservas seguras de agua que contribuyan al resguardo de las actividades agropecuarias e hidratación en familias altamente vulnerables en sectores rurales. Actualmente, la regulación del uso del agua se aplica solamente en las comunidades donde el líquido es escaso en la época seca; la regulación consiste en la distribución equitativa por persona y por familia (Lorío et al., 2005).

Estas tecnologías aseguran además un suministro adecuado de agua durante las épocas críticas de sequía, garantizando un uso justo del recurso a través de actividades agrícolas eficientes que permiten el desarrollo de actividades productivas sin afectar las reservas de agua para consumo humano, disminuyendo su huella ecológica. MARENA (2017) en su informe sobre “Estudio de Tecnologías de Adaptación al Cambio Climático” plantea que el principal objetivo de una tecnología en recursos hídricos es mantener reservorios de agua captada durante el periodo de lluvia para su posterior utilización durante el periodo de verano. El agua captada puede ser utilizado para el consumo humano, labores domésticas y/o en pequeños sistemas agropecuarios.

Con la implementación de la tecnología se mejora la calidad de vida de las comunidades en áreas rurales que no cuentan con sistemas de agua potable y saneamiento. Estos sistemas además han permitido a sus beneficiarios una mayor resiliencia en las estrategias de subsistencia, mejorando sus medios de vida principalmente agropecuarios de pequeña escala, contribuyendo de esta manera a la seguridad alimentaria de las poblaciones más vulnerables (MARENA, 2017). Las tecnologías proporcionadas a la zona han sido diseñadas para garantizar a la población el uso y aprovechamiento del agua recolectada para la época de sequía, pero las familias deben tomar decisiones que propicien la adaptación al cambio climático.

Los proyectos ejecutados contemplan un plan de desarrollando de competencias para la administración de la obra, pero es necesario el seguimiento y monitoreo técnico a las infraestructuras para verificar el estado y manejo por parte de los propietarios. El éxito de las tecnologías en recursos hídricos debe de partir de los criterios que favorecen la efectividad de las infraestructuras como los que plantea Taeihagh et al. (2013) consideran: 1) costos, 2) efectividad, 3) tiempo de implementación, 4) tiempo desde la implementación hasta el efecto, 5) tiempo de duración del efecto, 6) complejidad técnica, 7) aceptabilidad pública y 8) complejidad institucional. Champalle et al. (2015) por su parte, incluyen en la evaluación de criterios: 1) temporalidad, 2) equidad, 3) sostenibilidad y 4) costos de las medidas.

Por otra parte, los líderes comunitarios consideran, que un solo tipo de tecnología no es suficiente para aprovechamiento del agua de lluvia, sino que se debe de instalar otras que permitan mayor captación de volúmenes de agua para el desarrollo de actividades durante la época de sequía, siendo efectivas aquellas tecnologías que se han evaluado con los miembros de los CAPS. Por lo tanto, cuando en los hogares se cuenta con varias infraestructuras, permite abastecer de agua a las familias por períodos prolongados. No obstante, la población opta por otras prácticas más tradicionales como la excavación de pozos artesanales o la gestión de pozos perforados abandonando así las tecnologías para el almacenamiento de agua de lluvia.

Las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes a través del MARENA (2017) utilizaron la metodología para la evaluación de las tecnologías que se realizó en base al manual elaborado por el UNDP en el 2010; para la realización de evaluaciones de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático (figura 3). Esta metodología propuesta en un principio está diseñada bajo parámetros participativos en talleres nacionales, sin embargo, debido a las limitaciones en tiempo la evaluación se realizará en base a entrevistas semiestructuradas que reflejan la percepción de los actores de interés frente a las tecnologías evaluadas.

**Figura 5: Pasos en la evaluación de tecnologías de adaptación**



Fuente: PNUD, 2010.

Esta metodología de evaluación permite la priorización de tecnologías según su impacto en la adaptación al cambio climático, dando como resultado una lista de tecnologías que por sus características idóneas deben ser tomadas en cuenta para su estandarización a nivel nacional.

## CONCLUSIONES

La adopción de tecnologías y medidas de adaptación en el uso y aprovechamiento del agua en la subcuenca Aguas Calientes, ha sido un proceso donde las comunidades, actores clave, y tomadores de decisiones adquieren compromisos, para enfrentar los efectos del cambio climático y ser más resilientes ante la sequía.

La subcuenca Aguas Calientes, presenta como problema principal la escasez de agua en la época de verano, disminuyendo en el acceso al vital líquido para su consumo humano, por lo que es necesario priorizar tecnologías medidas de adaptación que se ajusten a los nuevos escenarios climáticos que enfrenta en Corredor Seco de Nicaragua.

En la actualidad, los recursos hídricos de la subcuenca Aguas Calientes se hacen más difícil de obtener de las fuentes subterráneas, por lo que se deben seleccionar, proponer y diseñar otras medidas más adecuadas para una adaptación efectiva de tecnologías que permitan el almacenamiento del agua de lluvia que esté disponible para la temporada de sequía..

La efectividad de las tecnologías, como medida uso y aprovechamiento sostenible del agua dependen de criterios ambientales y físicos de la zona como: precipitación promedio anual, disponibilidad de agua, pendiente del terreno, textura del suelo, profundidad del suelo, Capacidad de infiltración del suelo.

Una combinación de tecnologías, incrementa la capacidad de almacenamiento de agua en las comunidades asegurando las actividades productivas a pequeña escala, pero se debe tener presente cual es la finalidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cajina, M. (2006). Alternativas de captación de agua en la subcuenca del río Aguas Calientes para mejorar los beneficios socioeconómicos y ambientales de las comunidades de los municipios de Somoto y San Lucas, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE.
- Calderón, H. (2016). Retos en la evaluación de recursos hídricos en cuencas pobremente aforadas, la situación de Nicaragua y Centroamérica. *Revista Científica Agua y Conocimiento*, 2(1), 49–64. Recuperado a partir de <https://revistacira.unan.edu.ni/index.php/AyC/article/view/48>
- Castillo Hernández, E. and Calderón Palma, Heyddy and Delgado Quezada, Valeria and Flores Meza, Yelva and Salvatierra Suárez, Thelma (2006) *Situación de los recursos hídricos en Nicaragua*. *Boletín Geológico y Minero*, 117 (1). pp. 127-146.

- Champalle, C., Ford, J., & Sherman, M. (2015). Prioritizing Climate Change Adaptations in Canadian Arctic Communities. *Sustainability*, 7. <https://doi.org/10.3390/su7079268>
- Elliott, M., Armstrong, A., Lobuglio, J., & Bartram, J. (2011). *Tecnologías de Adaptación al Cambio Climático-Sector de Recursos Hídricos*. Cochabamba, Bolivia: UNEP.
- FAO. (2016). *Día Mundial del Agua 2016. Usos a nivel agrícola ganadero*. Roma, Italia. Obtenido de <https://diamundialdelagua2016.wordpress.com>.
- Global Water Partnership, GWP. (2013). *Tecnologías para el Uso sostenible del Agua: Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. Tegucigalpa, Honduras.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (1991). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2022). *Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Switzerland.
- LEY N°. 722. *Ley Especial de los Comités de Agua Potable y Saneamiento*. (19 de Mayo de 2010). Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/a63305b993cddb210625775f0069e8b3>
- Lorío Berríos, A. L., Prins, C., & Francisco, J. (2005). *Organización, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico en la subcuenca del Río Aguas Caliente, Nicaragua*. San José C.R: Recursos Naturales y Ambiente.
- MARENA. (2017). *Estudio de tecnologías de adaptación al Cambio Climático en Sectores priorizados*. Managua, Nicaragua.
- Milán, J. (2012). *Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua*. Managua.
- Mola Fines, B. B. (2021). *Tecnologías para el uso eficiente de los recursos hídricos en fincas ganaderas*. *Revista Ingeniería Agrícola*. Obtenido de <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1401/2553>.
- Taeihagh, A., Givoni, M., & Bañares-Alcántara, R. (2013). Which policy first? A network centric approach for the analysis and ranking of policy measures. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40, 595 – 616.