



# **DOCUMENTO METODOLÓGICO**

## **Gestión sostenible y conservación del recurso hídrico**

**BWS0002**

**Prácticas de cosecha de agua de lluvia.  
Captación y almacenamiento para la  
seguridad hídrica**

**BIOCARBON CERT<sup>©</sup>**

CONSULTA PÚBLICA VERSIÓN 1.0 | MARZO 22, 2026

© 2026 BIOCARBON CERT®. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización previa y expresa de BIOCARBON CERT.

BIOCARBON CERT®, 2026. Prácticas de cosecha de agua de lluvia. Captación y almacenamiento para la seguridad hídrica. BWS0002. Versión 1.0 para consulta pública. BioCarbon Water Standard. 22 de marzo de 2026. 45 p. <http://www.biocarbonstandard.com>.

## **Créditos**

Este documento fue desarrollado por BioCarbon Cert como parte del BioCarbon Water Standard (BWS).

La elaboración técnica de esta metodología contó con el apoyo de la Asociación Cultural para el Desarrollo Integral (ACDI), cuya experiencia en resiliencia climática, gestión sostenible del recurso hídrico, conservación ambiental y desarrollo comunitario aportó insumos técnicos relevantes para la construcción de esta metodología.

Las opiniones y lineamientos contenidos en este documento corresponden exclusivamente al BioCarbon Water Standard.

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Términos y definiciones .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Condiciones de aplicabilidad .....</b>	<b>11</b>
4.1	Contexto de seguridad hídrica .....	11
4.2	Dependencia de fuentes de agua convencionales .....	12
4.3	Existencia de superficies de captación verificables.....	12
4.4	Infraestructura de almacenamiento definida .....	12
4.5	Uso identificable del agua cosechada.....	13
<b>5</b>	<b>Tipología de sistemas de cosecha de agua de lluvia .....</b>	<b>13</b>
5.1	Sistemas de captación en techos (roof rainwater harvesting) .....	14
5.2	Sistemas de captación de escorrentía superficial.....	14
5.3	Sistemas de almacenamiento descentralizado .....	14
5.4	Sistemas híbridos de captación y almacenamiento .....	14
<b>6</b>	<b>Actividades elegibles .....</b>	<b>15</b>
6.1	Implementación de nuevos sistemas de cosecha de agua de lluvia .....	15
6.2	Mejoramiento o ampliación de sistemas existentes de cosecha de agua .....	16
6.3	Optimización y rehabilitación de sistemas de cosecha de agua.....	16
<b>7</b>	<b>Priorización de áreas para la intervención.....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Línea base y adicionalidad .....</b>	<b>17</b>
8.1	Identificación del escenario de línea base .....	18
8.2	Levantamiento de línea base .....	18
8.2.1	Fuente de origen del agua en la situación sin proyecto .....	19
8.2.2	Datos meteorológicos .....	19
8.2.3	Precipitación.....	20
8.2.4	Variables meteorológicas complementarias.....	20
8.3	Análisis de línea base.....	21

8.3.1	Estratificación del área de proyecto .....	21
8.3.2	Análisis del estrés hídrico .....	22
8.3.3	Análisis de demanda de agua.....	22
8.3.4	Análisis del estado sin proyecto de los sistemas de cosecha de agua .....	23
8.4	<i>Demostración de adicionalidad</i> .....	24
8.5	<i>Análisis de práctica común</i> .....	24
8.6	<i>Confirmación de adicionalidad</i> .....	25
8.7	<i>Exclusiones</i> .....	25
<b>9</b>	<b>Cuantificación de beneficios volumétricos de agua.....</b>	<b>25</b>
9.1	<i>Captación de agua de lluvia</i> .....	26
9.2	<i>Demanda de agua</i> .....	26
9.3	<i>Balance hídrico del sistema</i> .....	27
9.3.1	Rebalse del sistema .....	29
9.4	<i>Determinación del volumen efectivo de agua cosechada</i> .....	29
9.5	<i>Cuantificación del volumen adicional de agua (atribuible al proyecto)</i> .....	30
9.6	<i>Diferencia entre nuevas instalaciones y mejoras existentes</i> .....	31
9.7	<i>Conversión a Créditos de Agua Verificados (CAV)</i> .....	31
<b>10</b>	<b>Permanencia y continuidad del beneficio hídrico .....</b>	<b>32</b>
<b>11</b>	<b>Monitoreo de las actividades del proyecto .....</b>	<b>32</b>
11.1	<i>Método de monitoreo</i> .....	33
11.2	<i>Componentes del plan de monitoreo</i> .....	33
11.2.1	Monitoreo en campo .....	33
11.2.2	Monitoreo geoespacial .....	34
11.3	<i>Puntos de monitoreo</i> .....	34
11.4	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	35
11.4.1	Asignación proporcional por estratos.....	35
11.4.2	Asignación óptima de Neyman.....	36
11.5	<i>Frecuencia de monitoreo</i> .....	37
11.6	<i>Verificación y control de calidad de los datos</i> .....	37
<b>12</b>	<b>Supuestos y limitaciones de la metodología .....</b>	<b>38</b>

<b>13</b>	<b>Gestión documental del proyecto.....</b>	<b>39</b>
13.1	<i>Manejo de las bases de datos del proyecto .....</i>	39
<b>14</b>	<b>Control de calidad y aseguramiento de la calidad.....</b>	<b>40</b>
<b>15</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>40</b>

Documento para consulta pública

## 1 Introducción

El agua dulce es un recurso esencial para el bienestar humano, el funcionamiento de los ecosistemas y el desarrollo económico. Aunque aproximadamente el 71 % de la superficie del planeta está cubierta por agua, solo alrededor del 2,5 % corresponde a agua dulce, y menos del 1 % se encuentra disponible en ríos, lagos y otros cuerpos superficiales accesibles para el uso humano y ecológico.

La disponibilidad de este recurso se encuentra cada vez más presionada por múltiples factores, entre ellos el crecimiento poblacional, la expansión de actividades productivas, la degradación de cuencas hidrográficas y los efectos del cambio climático. En muchas regiones del mundo estas presiones se manifiestan en forma de estrés hídrico estacional o estructural, afectando la seguridad hídrica de comunidades rurales y urbanas (UN-Water, 2015).

En este contexto, la implementación de soluciones descentralizadas para la gestión sostenible del agua se ha convertido en una estrategia clave para fortalecer la resiliencia hídrica. Entre estas soluciones, los sistemas de cosecha de agua de lluvia permiten capturar, almacenar y utilizar la precipitación pluvial para satisfacer diversas necesidades domésticas y productivas (García-Ávila et al., 2023; Semaan et al., 2020), reduciendo la dependencia de fuentes convencionales como ríos, acuíferos o redes de abastecimiento.

La cosecha de agua de lluvia constituye una práctica ampliamente utilizada en diferentes regiones del mundo para mejorar la disponibilidad local de agua, reducir la presión sobre las fuentes hídricas existentes y aumentar la capacidad de adaptación frente a la variabilidad climática (Melville-Shreeve et al., 2016; Ursino, 2016). Estos sistemas permiten almacenar agua durante los períodos de lluvia para su uso posterior en épocas secas, contribuyendo así a la estabilidad del suministro hídrico.

En el marco de los enfoques actuales de gestión sostenible del agua, diversas iniciativas internacionales han promovido la cuantificación de los beneficios hidrológicos generados por intervenciones de gestión hídrica mediante indicadores volumétricos de agua, que permiten evaluar de manera consistente los resultados

de dichas intervenciones en términos de disponibilidad o uso del recurso hídrico (World Resources Institute, 2019).

En este contexto, la presente metodología establece los lineamientos técnicos para cuantificar los beneficios volumétricos asociados a la implementación de prácticas de cosecha de agua de lluvia, mediante sistemas de captación y almacenamiento que incrementan la disponibilidad de agua para usos domésticos y productivos.

La metodología permite estimar el volumen adicional de agua captada, almacenada y utilizada como resultado de las actividades implementadas en el área de proyecto, en comparación con escenario de línea base. Estos resultados se expresan en metros cúbicos de agua por año ( $\text{m}^3/\text{año}$ ) y constituyen la base para la emisión de Créditos de Agua Verificados (CAV) bajo el BioCarbon Water Standard.

De esta manera, el enfoque metodológico busca facilitar la canalización de inversiones hacia soluciones basadas en la gestión sostenible del agua, contribuyendo a fortalecer la seguridad hídrica, la resiliencia climática y la gestión sostenible de los recursos hídricos en diferentes contextos geográficos (Global Water Partnership, 2018).

## 2 Objetivos

El objetivo de esta metodología es establecer los lineamientos técnicos para la cuantificación, monitoreo y verificación de los beneficios volumétricos de agua derivados de la implementación de prácticas de cosecha de agua de lluvia, incluyendo sistemas de captación, almacenamiento y uso del recurso hídrico, en el marco del BioCarbon Water Standard.

En particular, esta metodología establece:

- (a) los criterios para la identificación del área de proyecto y la caracterización del régimen hídrico del territorio;
- (b) las condiciones de elegibilidad y aplicabilidad de las actividades de cosecha de agua de lluvia;

- (c) los procedimientos para el establecimiento de la línea base, incluyendo la recopilación de información meteorológica, el análisis de demanda de agua y la caracterización de los sistemas existentes de captación de agua de lluvia;
- (d) las ecuaciones y procedimientos técnicos para la cuantificación del volumen adicional de agua captada, almacenada y utilizada como resultado de las actividades del proyecto, expresado en metros cúbicos por año ( $m^3/año$ );
- (e) los requisitos para la cuantificación de las unidades certificables como Créditos de Agua Verificados (CAV) bajo el BioCarbon Water Standard;
- (f) los lineamientos para el monitoreo, reporte y verificación de los resultados del proyecto.

### 3 Términos y definiciones

Para los fines de esta metodología se adoptan las siguientes definiciones:

#### **Agua superficial**

Agua presente en la superficie terrestre, incluyendo ríos, lagos, quebradas, lagunas, embalses y otros cuerpos de agua superficiales.

#### **Almacenamiento hídrico**

Acumulación de agua en reservorios naturales o artificiales, tales como cisternas, tanques, embalses o lagunas, destinada a su uso posterior.

#### **Área de Proyecto**

Área geográfica claramente delimitada donde se implementan las actividades de cosecha de agua de lluvia y donde se cuantifican los resultados asociados al proyecto.

#### **Balance hídrico del sistema de cosecha de agua**

Marco analítico que permite cuantificar las entradas, salidas, almacenamiento y pérdidas de agua dentro de un sistema de cosecha de agua de lluvia durante un periodo de tiempo definido.

En esta metodología, el balance hídrico se utiliza para estimar el volumen efectivo de agua captada, almacenada y utilizada por el sistema.

### **Capacidad de almacenamiento**

Volumen máximo de agua que puede ser almacenado en la infraestructura del sistema de cosecha de agua de lluvia, expresado en metros cúbicos ( $m^3$ ).

### **Cosecha de agua de lluvia**

Práctica de captación, conducción, almacenamiento y utilización de la precipitación pluvial mediante sistemas diseñados para recolectar el agua desde superficies de captación y almacenarla para su uso posterior.

La cosecha de agua de lluvia por sus siglas en inglés (RWH) se define como la práctica de recolectar, almacenar y utilizar la precipitación pluvial para satisfacer necesidades hídricas en el mismo sitio donde ocurre el fenómeno. Este sistema consiste fundamentalmente en captar el agua desde superficies duras o techos, dirigirla mediante canaletas y tuberías, y conservarla en un depósito o cisterna para su uso posterior.

### **Créditos de Agua Verificados (CAV)**

Unidades certificadas que representan el volumen adicional de agua captada, almacenada y utilizada mediante sistemas de cosecha de agua de lluvia, atribuible a las actividades del proyecto, expresado en metros cúbicos por año ( $m^3/año$ ).

Los CAV reflejan el incremento verificable en la disponibilidad de agua generado por las actividades del proyecto en comparación con la situación sin proyecto.

### **Demanda de agua**

Cantidad de agua requerida por los usuarios del sistema para satisfacer necesidades domésticas o productivas durante un periodo determinado.

En el contexto de proyectos de cosecha de agua de lluvia, el balance de masas hídrico se utiliza para estimar de manera consistente, verificable y reproducible el volumen efectivo de agua cosechada y el ahorro neto de agua respecto de una línea de base sin proyecto.

### **Factor de escorrentía**

Coeficiente adimensional que representa la fracción de la precipitación que puede ser captada desde una superficie determinada, considerando pérdidas por evaporación, infiltración no controlada, salpicadura y otras pérdidas del sistema.

### **Línea base**

Condición de referencia que describe el uso y disponibilidad del agua en el escenario sin proyecto, utilizada para evaluar los cambios generados por la implementación de las actividades de cosecha de agua de lluvia.

### **Precipitación**

Cantidad de agua que cae desde la atmósfera hacia la superficie terrestre en forma líquida o sólida, generalmente expresada en milímetros (mm).

### **Precipitación efectiva**

Porción de la precipitación total que puede ser captada por el sistema de cosecha de agua de lluvia después de descontar pérdidas iniciales asociadas al sistema de captación.

### **Seguridad hídrica**

Condición en la cual existe disponibilidad suficiente, confiable y sostenible de agua de calidad adecuada para satisfacer necesidades humanas, productivas y ambientales.

### **Superficie de captación**

Área efectiva desde la cual se recolecta el agua de lluvia dentro del sistema de cosecha de agua, expresada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

### **Unidad de sistema de cosecha de agua**

Unidad mínima de cuantificación dentro del proyecto que incluye al menos un área de captación, un sistema de conducción y una estructura de almacenamiento asociada al uso del agua captada.

### **Volumen efectivo de agua cosechada**

Cantidad de agua que es realmente captada, almacenada y utilizada por el sistema de cosecha de agua de lluvia durante un periodo determinado, considerando las limitaciones de almacenamiento, pérdidas operativas y patrones de demanda.

## **4 Condiciones de aplicabilidad**

Las condiciones de aplicabilidad establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los proyectos para aplicar esta metodología. Estas condiciones garantizan que las actividades de cosecha de agua de lluvia generen beneficios volumétricos de agua medibles, verificables y atribuibles a las intervenciones del proyecto.

Los titulares del proyecto que apliquen esta metodología deberán cumplir con las siguientes condiciones de aplicabilidad.

### **4.1 Contexto de seguridad hídrica**

Las actividades deberán implementarse en territorios donde exista evidencia de estrés hídrico actual o estacional, limitaciones en el acceso al agua o vulnerabilidad frente a la variabilidad climática (García-Ávila et al., 2023; Melville-Shreeve et al., 2016).

La evidencia podrá basarse en:

- (a) análisis hidrológicos o climáticos regionales;
- (b) registros históricos de precipitación y disponibilidad de agua;
- (c) diagnósticos oficiales o estudios de cuenca;
- (d) análisis de periodos secos estacionales;

- (e) información socioeconómica sobre acceso restringido al agua.

El titular del proyecto deberá demostrar que las actividades contribuyen a mejorar la disponibilidad local de agua o a reducir la presión sobre las fuentes hídricas existentes.

#### **4.2 Dependencia de fuentes de agua convencionales**

El área del proyecto debe presentar dependencia de fuentes de agua existentes tales como:

- (a) aguas superficiales (ríos, quebradas, lagos);
- (b) aguas subterráneas;
- (c) redes públicas de abastecimiento;
- (d) transporte de agua mediante cisternas u otros medios.

El titular del proyecto deberá demostrar que el agua cosechada sustituye total o parcialmente el uso de dichas fuentes.

#### **4.3 Existencia de superficies de captación verificables**

Los sistemas de cosecha de agua de lluvia deberán contar con superficies de captación claramente identificables, tales como:

- (a) techos de edificaciones;
- (b) superficies impermeables;
- (c) estructuras diseñadas para canalizar escorrentía.

Las superficies deberán ser medibles y verificables mediante levantamientos de campo o herramientas geoespaciales.

#### **4.4 Infraestructura de almacenamiento definida**

El agua captada deberá almacenarse en infraestructuras diseñadas para tal fin, tales como:

- (a) tanques;
- (b) cisternas;
- (c) reservorios;
- (d) estructuras equivalentes.

La capacidad de almacenamiento deberá ser cuantificable y verificable.

#### **4.5 Uso identificable del agua cosechada**

El titular del proyecto deberá identificar el destino del agua captada, el cual podrá incluir:

- (a) consumo doméstico;
- (b) uso productivo;
- (c) uso agrícola o pecuario;
- (d) otros usos no potables.

El volumen utilizado deberá ser consistente con los patrones de demanda identificados en el área de proyecto.

### **5 Tipología de sistemas de cosecha de agua de lluvia**

Los sistemas de cosecha de agua de lluvia incluidos en esta metodología deberán estar diseñados de manera que permitan captar, conducir, almacenar y utilizar el agua de lluvia de forma segura y eficiente.

Los componentes principales de estos sistemas incluyen la superficie de captación, el sistema de conducción (canaletas y bajantes), dispositivos de filtración o primer descarte, el sistema de almacenamiento y los mecanismos de rebalse. Estos elementos son consistentes con los principios técnicos establecidos en normas internacionales para sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia (EN 16941-1:2024).

De manera general, los sistemas de cosecha de agua de lluvia pueden clasificarse en las siguientes categorías:

### **5.1 Sistemas de captación en techos (roof rainwater harvesting)**

Sistemas que recolectan el agua de lluvia desde superficies impermeables, como techos de viviendas, edificaciones o estructuras similares, y la conducen hacia sistemas de almacenamiento mediante canaletas y tuberías.

### **5.2 Sistemas de captación de escorrentía superficial**

Sistemas que recolectan el agua de lluvia proveniente de superficies impermeables o semipermeables del terreno, mediante canales, zanjas u otras estructuras de conducción que permiten dirigir el agua hacia estructuras de almacenamiento.

### **5.3 Sistemas de almacenamiento descentralizado**

Sistemas que almacenan el agua captada en tanques, cisternas, reservorios u otras estructuras de almacenamiento diseñadas para conservar el agua y permitir su uso posterior.

### **5.4 Sistemas híbridos de captación y almacenamiento**

Sistemas que combinan distintos tipos de superficies de captación y estructuras de almacenamiento para maximizar el volumen de agua captada y mejorar la disponibilidad de agua en el área de proyecto.

Estos sistemas pueden destinarse a diferentes usos, incluyendo consumo doméstico, actividades productivas, usos agrícolas o pecuarios, siempre que el agua captada contribuya a mejorar la disponibilidad local de agua o a reducir la presión sobre las fuentes hídricas existentes.

Los sistemas de cosecha de agua de lluvia deberán diseñarse e implementarse de manera que se minimicen los riesgos de contaminación del agua almacenada. En particular, los sistemas deberán considerar elementos básicos de control, tales como la protección de las superficies de captación, la conducción adecuada del agua mediante canaletas o tuberías, la remoción inicial de sedimentos mediante dispositivos de primer flujo o filtración, y el almacenamiento en estructuras protegidas contra contaminación externa. Estas consideraciones son consistentes

con las recomendaciones internacionales para sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia (WHO, 2020).

## 6 Actividades elegibles

Las actividades elegibles bajo esta metodología corresponden a intervenciones orientadas a captar, conducir, almacenar y utilizar agua de lluvia mediante sistemas diseñados para mejorar la disponibilidad local de agua y reducir la presión sobre las fuentes hídricas existentes.

Las actividades deben generar un incremento verificable en el volumen de agua captada, almacenada o utilizada, en comparación con la situación sin proyecto.

Las actividades elegibles bajo esta metodología se limitan a intervenciones de captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia. Los beneficios asociados a infiltración o recarga de acuíferos se contabilizarán exclusivamente bajo las metodologías correspondientes del BioCarbon Water Standard.

Las siguientes actividades podrán ser elegibles para la generación de Créditos de Agua Verificados (CAV) se describen a continuación.

### 6.1 Implementación de nuevos sistemas de cosecha de agua de lluvia

Incluye la instalación de infraestructuras diseñadas para captar y almacenar agua de lluvia, tales como:

- (a) sistemas de captación en techos u otras superficies impermeables;
- (b) canaletas, tuberías u otros sistemas de conducción de agua;
- (c) tanques, cisternas, reservorios u otras estructuras de almacenamiento;
- (d) sistemas de filtración o primer descarte asociados a la captación;
- (e) infraestructura asociada a la distribución o uso del agua captada.

## **6.2 Mejoramiento o ampliación de sistemas existentes de cosecha de agua**

Incluye intervenciones destinadas a aumentar la capacidad o eficiencia de sistemas existentes, tales como:

- (a) ampliación de la superficie de captación;
- (b) incremento de la capacidad de almacenamiento;
- (c) mejora en los sistemas de conducción o filtración;
- (d) sustitución de materiales o infraestructura que aumenten la eficiencia del sistema;
- (e) incorporación de componentes adicionales que permitan incrementar el volumen de agua aprovechable.

## **6.3 Optimización y rehabilitación de sistemas de cosecha de agua**

Incluye actividades destinadas a recuperar o mejorar el funcionamiento de sistemas existentes, tales como:

- (a) mantenimiento o reparación de infraestructuras de captación y almacenamiento;
- (b) mejora del factor de escurrimiento mediante adecuación de superficies de captación;
- (c) rehabilitación de sistemas deteriorados;
- (d) optimización del uso del agua captada para fines domésticos o productivos.

## **7 Priorización de áreas para la intervención**

La presente metodología es aplicable en cualquier país y a una amplia diversidad de sistemas de cosecha de agua de lluvia que cumplan con los lineamientos establecidos en este documento y en el BioCarbon Water Standard.

No obstante, su aplicación es particularmente pertinente en territorios que presentan al menos una temporada seca durante el año o donde exista evidencia de estrés hídrico actual o potencial, incluyendo contextos en los que estudios climáticos o hidrológicos proyecten una reducción en la disponibilidad de agua debido a la variabilidad climática o al cambio climático.

En estos contextos, la implementación de sistemas de cosecha de agua de lluvia puede contribuir significativamente a mejorar la disponibilidad local de agua, fortalecer la seguridad hídrica y reducir la presión sobre las fuentes hídricas existentes.

## **8 Escenario de línea base y demostración de adicionalidad**

El titular del proyecto debe demostrar la adicionalidad de los beneficios volumétricos de agua, cuantificados con esta metodología, son resultado directo de las actividades implementadas por el proyecto y que no habrían ocurrido en ausencia del mismo.

Los titulares del proyecto deberán demostrar que las intervenciones de cosecha de agua de lluvia generan un incremento verificable en el volumen de agua captada, almacenada y utilizada, en comparación con el escenario de línea base.

La demostración de adicionalidad deberá basarse en la comparación entre:

- 1) Escenario sin proyecto (línea base): condiciones de captación, almacenamiento y uso del agua en ausencia de las actividades del proyecto;
- 2) Escenario con proyecto: condiciones resultantes de la implementación de los sistemas de cosecha de agua de lluvia.

El volumen adicional de agua atribuible al proyecto corresponde a la diferencia cuantificada entre ambos escenarios.

### **8.1 Identificación del escenario de línea base**

El escenario de línea base corresponde a las condiciones de disponibilidad y uso del agua en ausencia de las actividades del proyecto y deberá establecerse con base en la información recopilada durante el levantamiento de línea base. En proyectos que implementen nuevos sistemas de cosecha de agua de lluvia, el escenario de línea base corresponderá a la ausencia de dichos sistemas en el área de intervención. En proyectos que contemplen mejoras o ampliaciones de sistemas existentes, el escenario de línea base corresponderá al funcionamiento del sistema previo a la intervención del proyecto.

La caracterización del escenario de línea base deberá considerar no solo las condiciones actuales de captación y uso del agua, sino también el contexto hidrológico del área del proyecto, incluyendo el régimen de precipitación, la estacionalidad climática, las fuentes de abastecimiento existentes y el grado de presión sobre los recursos hídricos locales. Este enfoque es consistente con marcos internacionales de gestión de la eficiencia hídrica que recomiendan evaluar el contexto del uso del agua y las condiciones del recurso hídrico en el entorno del proyecto (ISO 46001, 2019).

Este análisis permite comprender las condiciones bajo las cuales se implementan las actividades de cosecha de agua de lluvia y constituye la base para evaluar los cambios atribuibles al proyecto.

### **8.2 Levantamiento de línea base**

El consumo de agua en el contexto de proyectos de sistemas de cosecha de agua de lluvia es un insumo fundamental para estimar la demanda de agua del sistema y cuantificar el volumen de agua que potencialmente puede ser sustituido mediante la captación de agua de lluvia.

Para la estimación de la demanda deberá identificarse la población objetivo del proyecto y relevar las unidades de sistemas de cosecha de agua siguiendo la estratificación establecida en esta metodología.

Deberán considerarse datos de consumo de agua por habitante o por tipo de actividad, provenientes de fuentes internacionalmente reconocidas como FAO, OMS u organismos de investigación internacional. Cuando sea posible, deberán priorizarse datos de consumo obtenidos a nivel local.

#### **8.2.1 Fuente de origen del agua en la situación sin proyecto**

El titular del proyecto deberá identificar el origen de las fuentes de agua utilizadas por la población en la situación sin proyecto, las cuales podrán incluir:

- (a) aguas superficiales;
- (b) aguas subterráneas;
- (c) redes de abastecimiento existentes;
- (d) transporte de agua por cisterna;
- (e) sistemas de captación de agua de lluvia existentes.

Esta información deberá recopilarse mediante encuestas y relevamientos en el área del proyecto. Asimismo, se deberá identificar si dichas fuentes presentan algún tipo de presión por uso o limitaciones de disponibilidad.

#### **8.2.2 Datos meteorológicos**

Para el establecimiento de la línea base meteorológica el titular del proyecto deberá gestionar un catálogo de datos climáticos representativos del área del proyecto.

Estos datos deberán permitir estimar:

- (a) la disponibilidad de precipitación;
- (b) la precipitación que puede ser captada por el sistema;
- (c) las pérdidas climáticas relevantes del sistema.

El titular del proyecto deberá utilizar registros de estaciones meteorológicas ubicadas dentro del área de influencia del proyecto o en zonas climáticamente comparables.

La serie histórica de precipitación deberá cubrir preferentemente al menos veinte (20) años previos al inicio del proyecto, cuando dicha información esté disponible.

Cuando no existan estaciones meteorológicas suficientes, podrán utilizarse datos satelitales disponibles en plataformas como Google Earth Engine (Funk et al., 2015).

### **8.2.3 Precipitación**

Entre los conjuntos de datos más utilizados para la estimación de la precipitación se incluyen productos satelitales ampliamente reconocidos y utilizados en estudios hidrológicos y climáticos, tales como GPM IMERG (Global Precipitation Measurement) desarrollado por la NASA, TRMM 3B42 (Tropical Rainfall Measuring Mission), CHIRPS - Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (NASA; Funk et al., 2015) y PERSIANN-CDR (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks - Climate Data Record).

Estos conjuntos de datos pueden emplearse especialmente en contextos donde la cobertura de estaciones meteorológicas locales sea limitada o insuficiente para caracterizar adecuadamente el régimen de precipitación en el área del proyecto.

También podrán utilizarse registros provenientes de redes meteorológicas nacionales o mediciones directas mediante pluviómetros instalados en el área del proyecto.

### **8.2.4 Variables meteorológicas complementarias**

Dependiendo del tipo de sistema de almacenamiento y del uso previsto del agua, podrán incorporarse variables climáticas adicionales para mejorar la caracterización de las condiciones hidrológicas del área del proyecto.

Entre estas variables se incluyen la temperatura del aire, la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) o evaporación, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento. Estas variables permiten estimar de manera más precisa las pérdidas potenciales del sistema y las condiciones climáticas que influyen en la disponibilidad y el uso del agua captada. La información correspondiente podrá obtenerse de redes meteorológicas oficiales o de productos climáticos globales

reconocidos, siempre que se documente adecuadamente la fuente de los datos y su representatividad para el área del proyecto.

### **8.3 Análisis de línea base**

El análisis de línea base tiene como objetivo caracterizar las condiciones existentes de disponibilidad, captación y uso del agua en el área del proyecto, de manera que sea posible establecer un escenario de línea base robusto para la cuantificación de los beneficios volumétricos de agua. Este análisis deberá integrar la información recopilada durante el levantamiento de línea base, incluyendo datos climáticos, patrones de consumo de agua y características de los sistemas existentes de cosecha de agua de lluvia. Como primer paso de este análisis, se deberá realizar una estratificación del área de proyecto, que permita organizar las unidades del sistema en conjuntos de condiciones comparables para el posterior análisis y cuantificación.

#### **8.3.1 Estratificación del área de proyecto**

Como parte del análisis de línea base, el titular del proyecto deberá establecer una estratificación del área de proyecto con el fin de agrupar las unidades de sistemas de cosecha de agua de lluvia en conjuntos de condiciones relativamente homogéneas.

Esta estratificación permite asegurar que las mediciones, muestreos y cálculos asociados a la captación, almacenamiento y uso del agua sean representativos, comparables y técnicamente consistentes en todo el ámbito del proyecto.

La definición de los estratos deberá considerar, entre otros, los siguientes factores:

- (a) ubicación geográfica y régimen hídrico del área de proyecto;
- (b) tipo de sistema de cosecha de agua de lluvia;
- (c) superficie de captación;
- (d) capacidad de almacenamiento del sistema;
- (e) destino del agua utilizada, diferenciando entre uso doméstico y uso productivo.

Los estratos definidos deberán permitir:

- (a) estimar de manera representativa la captación de agua de lluvia y el consumo de agua cosechada; y
- (b) analizar los cambios generados por las actividades del proyecto a lo largo del tiempo.

El número de estratos deberá definirse en función de la diversidad de sistemas de cosecha de agua presentes, de los usos previstos del agua y de las condiciones del régimen hídrico del área del proyecto.

### **8.3.2 Análisis del estrés hídrico**

El titular del proyecto deberá realizar un análisis del comportamiento mensual de la precipitación en el área del proyecto, con el objetivo de identificar los meses de mayor precipitación y los periodos secos del régimen climático local.

Este análisis deberá efectuarse para cada uno de los estratos definidos en el área del proyecto, con el fin de caracterizar el régimen hídrico del territorio y determinar los periodos en los cuales la disponibilidad de agua es limitada. La identificación de estos periodos permitirá evaluar en qué medida la implementación de sistemas de cosecha de agua de lluvia puede contribuir a mejorar la disponibilidad de agua y reducir la presión sobre las fuentes hídricas existentes.

### **8.3.3 Análisis de demanda de agua**

Para cada estrato del proyecto deberá estimarse el consumo anual de agua, diferenciando entre los distintos tipos de uso identificados en el área de proyecto, incluyendo al menos:

- (a) consumo doméstico;
- (b) consumo productivo.

La estimación de la demanda podrá basarse en datos provenientes de fuentes reconocidas (por ejemplo, organismos internacionales o estudios técnicos) o en encuestas de consumo realizadas en el área del proyecto, siempre que estas sean representativas de las condiciones locales (WHO, 2017).

Asimismo, deberá identificarse, para cada estrato, la fuente principal de abastecimiento de agua utilizada por la población. En caso de existir múltiples fuentes de abastecimiento, deberá estimarse la proporción relativa de uso de cada fuente, con el fin de caracterizar adecuadamente el escenario de línea base y evaluar el potencial de sustitución mediante sistemas de cosecha de agua de lluvia.

#### **8.3.4 Análisis del estado sin proyecto de los sistemas de cosecha de agua**

Cuando el proyecto contemple la implementación de nuevos sistemas de cosecha de agua de lluvia, la captación de agua mediante estos sistemas en el escenario de línea base se considerará igual a cero.

Cuando el proyecto contemple mejoras, ampliaciones o rehabilitación de sistemas de cosecha de agua de lluvia existentes, deberá realizarse un relevamiento detallado de los sistemas presentes en el área del proyecto, con el fin de caracterizar su funcionamiento en el escenario sin proyecto.

Para cada estrato definido en el área de proyecto deberá estimarse el balance hídrico de los sistemas existentes, considerando al menos los siguientes parámetros:

- (a) superficie de captación;
- (b) material de la superficie de captación;
- (c) factor de escorrentía del sistema;
- (d) capacidad de almacenamiento;
- (e) demanda de agua asociada al sistema;
- (f) porcentaje de la demanda de agua que es abastecida mediante la captación de agua de lluvia.

Esta información permitirá caracterizar adecuadamente el desempeño de los sistemas existentes en el escenario de línea base y establecer el punto de referencia para la cuantificación del volumen adicional de agua atribuible al proyecto.

## 8.4 Demostración de adicionalidad

El titular del proyecto deberá demostrar que las actividades de cosecha de agua de lluvia implementadas generan un incremento verificable en el volumen de agua captada, almacenada y utilizada en comparación con el escenario sin proyecto. Este incremento corresponde al volumen adicional de agua disponible como resultado de la implementación del sistema de cosecha de agua de lluvia.

La adicionalidad deberá demostrarse mediante la aplicación de los siguientes criterios:

### (a) Demostración de cambio respecto a la línea base

La demostración de adicionalidad se realizará mediante la comparación entre el balance hídrico del sistema en el escenario con proyecto y el balance hídrico correspondiente al escenario de línea base (sin proyecto).

En el caso de nuevas instalaciones, el escenario de línea base corresponde a la ausencia de sistemas de cosecha de agua de lluvia en el área de intervención.

En el caso de mejoras o ampliaciones de sistemas existentes, la adicionalidad deberá demostrarse cuantificando el incremento en el volumen de agua captada, almacenada o utilizada respecto al sistema previo a la intervención del proyecto.

### (b) No obligatoriedad regulatoria

Las actividades del proyecto no deberán corresponder a medidas requeridas por legislación, regulación ambiental o disposiciones administrativas vigentes en el territorio donde se implementa el proyecto.

## 8.5 Análisis de práctica común

Las intervenciones de cosecha de agua de lluvia implementadas por el proyecto no deberán constituir la práctica predominante o ampliamente adoptada en el área del proyecto.

El titular del proyecto deberá justificar que las actividades implementadas representan una intervención adicional respecto a las prácticas habituales del territorio.

## 8.6 Confirmación de adicionalidad

Solo el volumen adicional de agua captada, almacenada y utilizada que cumpla con los criterios de adicionalidad establecidos en esta sección podrá ser considerado para la cuantificación de Créditos de Agua Verificados (CAV) bajo esta metodología.

## 8.7 Exclusiones

No se considerarán adicionales las actividades que correspondan a:

- (a) prácticas ya implementadas de manera generalizada en el área de proyecto o que constituyan la práctica común del sector o territorio;
- (b) actividades legalmente obligatorias o requeridas por regulaciones vigentes;
- (c) intervenciones que no generen un cambio cuantificable en la captación, almacenamiento o uso del agua de lluvia;
- (d) mejoras que no produzcan un incremento verificable en el volumen efectivo de agua disponible para los usuarios del sistema.

## 9 Cuantificación de beneficios volumétricos de agua

La cuantificación de los beneficios volumétricos de agua bajo esta metodología se basa en la estimación del volumen adicional de agua captada, almacenada y utilizada mediante sistemas de cosecha de agua de lluvia, en comparación con el escenario de línea base (sin proyecto). Este enfoque es consistente con marcos internacionales que promueven la medición de intervenciones de gestión hídrica mediante beneficios volumétricos de agua (World Resources Institute, 2019).

El volumen adicional de agua atribuible al proyecto se determina mediante la comparación entre:

- 1) el escenario con proyecto, que corresponde al funcionamiento del sistema de cosecha de agua implementado o mejorado por el proyecto; y
- 2) el escenario sin proyecto, que representa las condiciones de captación y uso del agua en ausencia de dichas intervenciones.

El resultado de esta comparación constituye el volumen adicional de agua atribuible al proyecto, expresado en metros cúbicos por año (m<sup>3</sup>/año).

Para estimar este volumen se aplican las ecuaciones descritas a continuación, las cuales representan los principales componentes del balance hídrico del sistema de cosecha de agua de lluvia.

## 9.1 Captación de agua de lluvia

El primer paso de la cuantificación consiste en estimar el volumen de agua de lluvia que puede ser captado por el sistema durante un periodo determinado. Este volumen depende de la precipitación registrada en el área del proyecto, de la superficie disponible para captación y de la eficiencia del sistema de captación (Martin et al., 2015).

El volumen de agua captada durante el periodo  $t$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_t = \frac{P_t}{1000} \times S_c \times F_c \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- $Q_t$  = Volumen de agua captado en el periodo  $t$ ; m<sup>3</sup>
- $P_t$  = Precipitación en el periodo  $t$ ; mm
- $S_c$  = Superficie de captación; m<sup>2</sup>
- $F_c$  = Factor de escorrentía; adimensional

El factor de escorrentía representa la fracción de la precipitación que puede ser efectivamente captada por la superficie considerada, descontando pérdidas asociadas a evaporación, infiltración no controlada y primera descarga.

## 9.2 Demanda de agua

La demanda de agua del sistema representa el volumen de agua requerido por los usuarios del sistema de cosecha de agua de lluvia durante el periodo de análisis.

Esta demanda puede estar asociada a usos domésticos, productivos u otros usos definidos dentro del proyecto.

La demanda total de agua del sistema se estima como la suma de las demandas correspondientes a cada tipo de uso.

$$D_t = D_h + D_p \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$D_t$  = Demanda total de agua en el periodo t; m<sup>3</sup>

$D_h$  = Demanda doméstica en el periodo t; m<sup>3</sup>

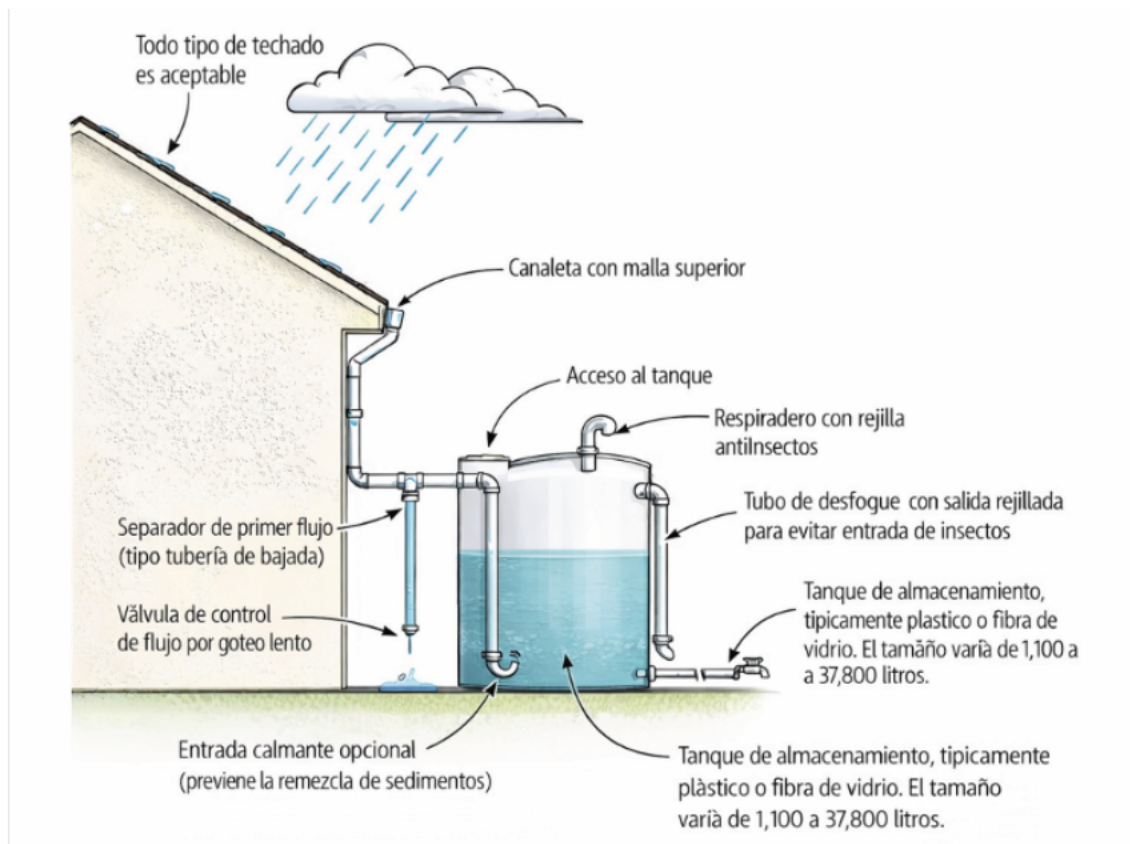
$D_p$  = Demanda productiva en el periodo t; m<sup>3</sup>

### 9.3 Balance hídrico del sistema

Este balance permite evaluar la dinámica del volumen almacenado en el sistema considerando el agua captada, el agua utilizada por los usuarios y las pérdidas por rebalse cuando se supera la capacidad de almacenamiento.

El comportamiento del sistema de cosecha de agua de lluvia se representa mediante un balance hídrico que permite estimar las entradas, salidas y almacenamiento de agua en el sistema durante un periodo determinado (Figura 1).

Figura 1. Esquema conceptual de un sistema de cosecha de agua de lluvia



Fuente: Adaptado de Roof Rainwater Harvesting System, Watercache<sup>1</sup>

El diagrama muestra las principales entradas, salidas y almacenamiento del sistema consideradas en la cuantificación de beneficios volumétricos de agua, incluyendo la precipitación, la captación, el almacenamiento en el sistema, el uso del agua y el rebalse.

El balance hídrico mensual del sistema se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - Y_t - O_t \quad \text{Ecuación 3}$$

<sup>1</sup> Disponible en <https://watercache.com/rainwater/residential>

Donde:

- $V_t$  = Volumen de agua almacenado al final del periodo t. Almacenamiento al cierre del mes (o periodo definido); m<sup>3</sup>
- $V_{t-1}$  = Volumen almacenado al inicio del periodo. Almacenamiento al inicio del mes (o periodo definido); m<sup>3</sup>
- $Q_t$  = Volumen de agua recolectada durante el periodo. Entrada al sistema, proveniente de precipitación captada; m<sup>3</sup>
- $Y_t$  = Volumen de agua utilizada durante el periodo. Salida por uso/consumo (hogar y/o productivo); m<sup>3</sup>
- $O_t$  = Volumen de agua perdido por rebalse del sistema; m<sup>3</sup>

El desempeño de los sistemas de cosecha de agua de lluvia puede representarse mediante balances hídricos que describen las entradas, almacenamiento y salidas del sistema (Semaan et al., 2020; Ursino, 2016).

### 9.3.1 Rebalse del sistema

Cuando el volumen de agua almacenado supera la capacidad máxima del sistema de almacenamiento, el excedente de agua es liberado fuera del sistema en forma de rebalse. Este proceso se incorpora en el balance hídrico para asegurar que el volumen almacenado no supere la capacidad física del tanque o reservorio.

El rebalse del sistema se calcula con la siguiente ecuación:

$$O_t = \max(V_{t-1} + Q_t - Y_t - S, 0) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- $S$  = Capacidad máxima del tanque; m<sup>3</sup>

Este cálculo evita que el almacenamiento supere la capacidad del sistema.

## 9.4 Determinación del volumen efectivo de agua cosechada

El volumen de agua captado por el sistema no necesariamente corresponde al volumen que es efectivamente utilizado por los usuarios. Para evitar

sobreestimaciones, el volumen efectivo de agua cosechada se define como el volumen de agua que es realmente utilizado dentro del sistema.

Por lo tanto, el volumen efectivo se determina como el menor valor entre el volumen captado y el volumen de agua utilizado.

$$V_{ef} = \min(Q_t, Y_t) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$V_{ef}$  = Volumen efectivo de agua cosechada; m<sup>3</sup>

$Q_t$  = Volumen de agua captada; m<sup>3</sup>

$Y_t$  = Volumen de agua utilizada o demandada; m<sup>3</sup>

El balance hídrico del sistema se calcula con una resolución temporal mensual. El volumen efectivo anual de agua cosechada se obtiene mediante la suma de los volúmenes efectivos mensuales calculados para cada periodo  $t$ .

$$V_{ef,anual} = \sum_{t=1}^{12} V_{ef,t} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$V_{ef,anual}$  = Volumen efectivo anual de agua cosechada; m<sup>3</sup>/año

$V_{ef,t}$  = Volumen efectivo de agua cosechada en el periodo  $t$ ; m<sup>3</sup>

## 9.5 Cuantificación del volumen adicional de agua (atribuible al proyecto)

El volumen adicional de agua atribuible al proyecto se calcula como la diferencia entre el volumen efectivo de agua cosechada en el escenario con proyecto y el volumen efectivo correspondiente al escenario de línea base.

$$V_{add} = V_{e.f.,anual,proyecto} - V_{e.f.,anual,línea base} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{add} &= \text{Volumen adicional de agua atribuible al proyecto; m}^3 \\ V_{e.f.,proyecto} &= \text{Volumen efectivo de agua cosechada con proyecto; m}^3 \\ V_{e.f.,línea base} &= \text{Volumen efectivo de agua cosechada en la línea base; m}^3 \end{aligned}$$

## 9.6 Diferencia entre nuevas instalaciones y mejoras existentes

La cuantificación del volumen adicional de agua atribuible al proyecto dependerá del tipo de intervención implementada.

En el caso de nuevas instalaciones de sistemas de cosecha de agua de lluvia, el escenario de línea base se considera igual a cero, dado que no existía previamente captación de agua de lluvia mediante dichos sistemas en el área de intervención. En este caso, el volumen adicional de agua corresponde directamente al volumen efectivo de agua captada y utilizada por el sistema implementado.

En el caso de proyectos que contemplen mejoras, ampliaciones o rehabilitación de sistemas de cosecha de agua de lluvia existentes, el volumen adicional de agua se determinará como la diferencia entre el volumen efectivo de agua cosechada en el escenario con proyecto y el volumen efectivo correspondiente al sistema en la situación sin proyecto.

## 9.7 Conversión a Créditos de Agua Verificados (CAV)

Los Créditos de Agua Verificados (CAV) corresponden al volumen adicional anual de agua captada, almacenada y utilizada como resultado de las actividades del proyecto.

Los CAV se expresan en metros cúbicos por año ( $\text{m}^3/\text{año}$ ).

$$CAV = V_{add} \quad \text{Ecuación 8}$$

La sumatoria de los volúmenes adicionales de agua obtenidos en todas las unidades del sistema dentro del área del proyecto constituye la base para la emisión de CAV.

El volumen de agua considerado para la generación de Créditos de Agua Verificados corresponde únicamente al volumen efectivo de agua captada y utilizada por el sistema.

## **10 Permanencia y continuidad del beneficio hídrico**

Los beneficios volumétricos de agua generados por los sistemas de cosecha de agua de lluvia dependen de la operación continua y el adecuado mantenimiento de los sistemas implementados. Por lo tanto, la permanencia de los beneficios asociados al proyecto estará vinculada al correcto funcionamiento de las infraestructuras de captación, conducción, almacenamiento y uso del agua de lluvia.

El titular del proyecto deberá asegurar que los sistemas de cosecha de agua de lluvia se mantengan en condiciones operativas durante el periodo de crédito del proyecto. Esto incluye la inspección periódica de los componentes del sistema, el mantenimiento de las superficies de captación, la limpieza de canaletas y filtros, y la verificación del estado estructural de los sistemas de almacenamiento.

Cuando se identifiquen fallas o deterioros en los sistemas que puedan afectar la captación o el almacenamiento de agua de lluvia, el titular del proyecto deberá implementar las acciones correctivas necesarias para restablecer el funcionamiento del sistema.

La continuidad operativa de los sistemas será verificada a través de las actividades de monitoreo establecidas en esta metodología, las cuales permitirán confirmar que las unidades de cosecha de agua de lluvia continúan generando los beneficios volumétricos de agua asociados al proyecto.

## **11 Monitoreo de las actividades del proyecto**

El monitoreo de las actividades del proyecto tiene como objetivo verificar la implementación efectiva de los sistemas de cosecha de agua de lluvia y recopilar la información necesaria para la cuantificación periódica de los beneficios volumétricos de agua generados por el proyecto.

El monitoreo permitirá:

- (a) verificar la instalación y operación de los sistemas de cosecha de agua de lluvia;
- (b) registrar los datos necesarios para el cálculo del balance hídrico del sistema;
- (c) evaluar la evolución del volumen de agua captada, almacenada y utilizada;
- (d) sustentar la cuantificación de los Créditos de Agua Verificados (CAV).

### **11.1 Método de monitoreo**

El plan de monitoreo deberá estructurarse con base en la estratificación del área de proyecto, de modo que las mediciones y estimaciones sean representativas de las condiciones del sistema en cada estrato.

Para cada estrato deberán recopilarse datos representativos de:

- (a) precipitación;
- (b) superficie de captación;
- (c) capacidad de almacenamiento;
- (d) consumo de agua de los usuarios;
- (e) estado operativo de los sistemas de cosecha de agua.

Estos datos permitirán actualizar periódicamente los parámetros utilizados en el balance hídrico del sistema.

### **11.2 Componentes del plan de monitoreo**

El plan de monitoreo deberá incluir, como mínimo, los siguientes componentes.

#### **11.2.1 Monitoreo en campo**

El monitoreo en campo comprende la recopilación directa de información sobre el funcionamiento de los sistemas de cosecha de agua de lluvia.

Entre los aspectos que deberán registrarse se incluyen:

- (a) identificación de las unidades de sistema de cosecha de agua;
- (b) número de usuarios asociados a cada sistema;
- (c) superficie de captación del sistema;
- (d) capacidad de almacenamiento;
- (e) estado de conservación y operación del sistema;
- (f) usos del agua captada;
- (g) consumo de agua para usos domésticos y productivos.

Asimismo, deberá verificarse periódicamente la vigencia del factor de escurrimiento utilizado en los cálculos, en función de las condiciones de la superficie de captación.

#### **11.2.2 Monitoreo geoespacial**

El monitoreo geoespacial comprende la identificación y georreferenciación de todas las unidades de sistemas de cosecha de agua de lluvia dentro del área del proyecto.

La información geoespacial permitirá:

- (a) verificar la ubicación de los sistemas de captación;
- (b) asegurar la trazabilidad espacial del proyecto;
- (c) apoyar el análisis de representatividad de los estratos definidos.

### **11.3 Puntos de monitoreo**

El titular del proyecto deberá seleccionar los puntos de monitoreo mediante un muestreo aleatorio estratificado, en el cual se seleccionará un número representativo de unidades de sistemas de cosecha de agua dentro de cada estrato del proyecto.

La distribución de los puntos de monitoreo deberá garantizar que las unidades seleccionadas sean representativas de las condiciones de captación, almacenamiento y uso del agua dentro del área del proyecto.

#### 11.4 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra deberá determinarse de manera que garantice la representatividad estadística dentro de cada estrato del proyecto. Estos métodos permiten distribuir el esfuerzo de monitoreo en función de la variabilidad observada entre los distintos estratos del proyecto.

Para la estimación del tamaño de muestra inicial podrá utilizarse la fórmula de Cochran (Cochran, 1977):

$$T_m = \frac{Z^2 \times p(1 - p)}{e^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$T_m$	=	Tamaño de muestra inicial
$Z$	=	Valor crítico de la distribución normal (para un nivel de confianza dl 95%, $Z=1,96$ )
$p$	=	Proporción estimada de la característica de interés. Cuando no se dispone de información previa, se utiliza $p=0,5$ , lo que maximiza la variabilidad.
$e$	=	Error muestral máximo permitido (por ejemplo 0,05 para un error del 5%)

##### 11.4.1 Asignación proporcional por estratos

En el caso de proyectos con múltiples estratos, el tamaño total de muestra  $n$  podrá distribuirse entre los distintos estratos utilizando la asignación proporcional de Neyman (Neyman, 1934), que permite ajustar el esfuerzo de monitoreo en función del tamaño relativo de cada estrato.

La fórmula para la asignación proporcional es:

$$T_h = n \times \frac{N_h}{N}$$

Ecuación 10

Donde:

- $T_h$  = Tamaño de muestra asignado al estrato h
- $N_h$  = Tamaño poblacional del estrato h
- $N$  = Tamaño poblacional total (suma de todos los estratos)
- $n$  = Tamaño total de la muestra

#### 11.4.2 Asignación óptima de Neyman

Cuando se disponga de información sobre la variabilidad interna de los estratos, podrá aplicarse la asignación óptima de Neyman (Neyman, 1934). Este método distribuye el tamaño total de muestra de forma proporcional al producto del tamaño y la desviación estándar de cada estrato, priorizando aquellos con mayor variabilidad.

La fórmula es la siguiente:

$$n_h = \frac{N_h S_h}{\sum_{h=1}^L N_h S_h}$$

Ecuación 11

Donde:

- $n_h$  = Tamaño de muestra asignado al estrato h
- $N_h$  = Tamaño poblacional del estrato h
- $S_h$  = Desviación estándar del estrato h

$n$  = Tamaño total de la muestra  
 $L$  = Número de estratos

Este enfoque permite optimizar el esfuerzo de monitoreo, mejorando la precisión estadística de las estimaciones en función de la heterogeneidad observada entre los distintos estratos del proyecto.

### 11.5 Frecuencia de monitoreo

El monitoreo de los parámetros relevantes para la cuantificación de los beneficios volumétricos de agua deberá realizarse con una frecuencia mínima anual, salvo que el titular del proyecto disponga de información con mayor resolución temporal.

Cuando sea posible, se recomienda recopilar información con resolución mensual, con el fin de representar adecuadamente la dinámica del balance hídrico del sistema de cosecha de agua de lluvia.

La planificación del monitoreo deberá considerar el régimen de precipitación predominante en el área de proyecto, incluyendo su estacionalidad (por ejemplo, regímenes monomodales o bimodales), a fin de asegurar que las mediciones reflejen adecuadamente las condiciones hidrológicas del territorio y los periodos de captación y uso del agua.

### 11.6 Verificación y control de calidad de los datos

Los datos obtenidos durante las actividades de monitoreo, incluyendo información sobre precipitación, demanda de agua, almacenamiento y rebalse del sistema, deberán someterse a procedimientos de control y aseguramiento de calidad que garanticen su consistencia, trazabilidad y confiabilidad.

Estos procedimientos deberán aplicarse tanto a mediciones de campo como a datos provenientes de fuentes satelitales o bases de datos climáticas.

El control de calidad deberá incluir, como mínimo:

- (a) verificación de coherencia entre los diferentes conjuntos de datos utilizados en el análisis;

- (b) identificación y revisión de valores atípicos que puedan generar sesgos en la cuantificación;
- (c) documentación de los criterios utilizados para la depuración de datos.

Cuando se identifiquen valores atípicos, el titular del proyecto deberá aplicar métodos estadísticos apropiados para su evaluación y tratamiento. En ningún caso deberán eliminarse datos sin una justificación técnica documentada.

Asimismo, deberá verificarse que el error asociado a las estimaciones utilizadas en la cuantificación se mantenga dentro de rangos aceptables para garantizar la confiabilidad de los resultados del proyecto.

## 12 Supuestos y limitaciones de la metodología

La presente metodología se basa en una serie de supuestos técnicos y operativos que permiten la aplicación estandarizada de los procedimientos de cuantificación.

En particular, se asume que:

- (a) los datos climáticos de precipitación utilizados son representativos de las condiciones del área de proyecto;
- (b) el balance hídrico mensual del sistema de cosecha de agua de lluvia representa adecuadamente la dinámica de captación, almacenamiento y uso del agua;
- (c) las estimaciones de demanda de agua son representativas de los patrones de consumo de la población o actividades productivas consideradas en el proyecto;
- (d) las unidades de sistemas de cosecha de agua de lluvia incluidas en el proyecto presentan características suficientemente homogéneas dentro de los estratos definidos.

No obstante, la aplicación de esta metodología puede presentar limitaciones en contextos donde exista escasez de información local, alta heterogeneidad espacial

no capturada por los datos disponibles, o condiciones de difícil acceso que limiten la recopilación de información.

En tales casos, el uso de supuestos regionales, promedios multianuales o datos secundarios deberá ser debidamente documentado y justificado por el titular del proyecto.

## **13 Gestión documental del proyecto**

### **13.1 Manejo de las bases de datos del proyecto**

La implementación de los procedimientos establecidos en esta metodología deberá estar respaldada por un sistema de gestión de información que permita almacenar, organizar y actualizar la información técnica generada durante el ciclo del proyecto.

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es fundamental para la organización y el análisis de los datos espaciales asociados al proyecto.

Se recomienda estructurar las bases de datos en plataformas robustas que permitan integrar capas geoespaciales, atributos y metadatos asociados a las unidades del sistema de cosecha de agua de lluvia.

Entre las herramientas que pueden emplearse se incluyen:

- (a) plataformas SIG comerciales, como ArcGIS;
- (b) soluciones basadas en software libre, como QGIS, que permiten la gestión de bases de datos geoespaciales y la integración con diversas fuentes de información.

Una gestión documental adecuada permitirá garantizar la trazabilidad, transparencia y verificabilidad de la información utilizada en los procesos de monitoreo y cuantificación.

## 14 Control de calidad y aseguramiento de la calidad

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta metodología estarán sujetos a procesos de validación y verificación independiente, conforme a los requisitos establecidos por el BioCarbon Water Standard.

Con el fin de garantizar la trazabilidad y la integridad de los Créditos de Agua Verificados (CAV), deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- (a) toda la información utilizada en los cálculos deberá estar debidamente documentada, georreferenciada y disponible para su revisión;
- (b) los procedimientos de recolección de datos, análisis y modelamiento deberán ser consistentes con lo establecido en esta metodología;
- (c) las mediciones de campo y los datos climáticos utilizados deberán ser trazables a sus fuentes originales y contar con respaldo técnico que demuestre su representatividad;
- (d) la coherencia entre los datos de línea base, los escenarios con proyecto y los resultados cuantificados será objeto de revisión durante el proceso de verificación.

El incumplimiento de estas condiciones podrá afectar la aprobación del proyecto y la emisión de los créditos correspondientes.

El titular del proyecto será responsable de mantener un sistema de información actualizado, completo y verificable, como parte integral del plan de monitoreo y gestión documental del proyecto.

## 15 Referencias

Banco Mundial. (2014). Water storage: Analysis and design. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/21042/Water-Storage-Analysis-and-Design.pdf>

Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques (3rd ed.). John Wiley & Sons.

European Committee for Standardization (CEN). (2024). EN 16941-1: On-site non-potable water systems – Part 1: Systems for the use of rainwater. Brussels: CEN.

FAO. (2011). The state of the world's water resources. <https://www.fao.org/3/a-i2917e.pdf>

FAO. (2013). Conservación y rehabilitación de suelos en América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/3/i3340s/i3340s.pdf>

Fariz-Salinas, E. A., Acuña-Bedoya, J. D., Fonseca Rodríguez, R. I., Turrén-Cruz, T., & López Zavala, M. Á. (2025). Definition of potential sites to implement urban rainwater harvesting systems in water-stressed cities by integrating GIS and AHP tools. *Urban Climate*, 64, 102639.

García-Ávila, F., Guanoquiza-Suárez, M., Guzmán-Galarza, J., Cabello-Torres, R., & Valdiviezo-Gonzales, L. (2023). Rainwater harvesting and storage systems for domestic supply: An overview of research for water scarcity management in rural areas. *Results in Engineering*, 18, 101153.

Global Water Partnership. (2018). Water governance: Strategies and challenges for sustainable water management. <https://www.gwp.org>

Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2008). Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. IWA Publishing.

ISO. (2019). ISO 46001: Water efficiency management systems — Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization.

Magdy, A., Elsaïad, A., Ramadan, E. M., Kuriqi, A., Ahmed, A. A., & Abd-Elaty, I. (2025). Targeting runoff hotspots for sustainable rainwater harvesting in arid regions. *Cleaner Water*, 4, 100166.

Martin, E. A., Buchberger, S. G., & Chakraborty, D. (2015). Reliability of harvested rainfall as an auxiliary source of non-potable water. *Procedia Engineering*, 119, 1119–1128.

Melville-Shreeve, P., Ward, S., & Butler, D. (2016). Rainwater harvesting typologies for UK houses: A multi-criteria analysis of system configurations. *Water*, 8(4), 129.

Neyman, J. (1934). On the two different aspects of the representative method. *Journal of the Royal Statistical Society*, 97(4), 558–625.

Organización Mundial de la Salud. (2017). Guidelines for drinking-water quality. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health](https://www.who.int/water_sanitation_health)

Puppala, H., Ahuja, J., Tamvada, J. P., & Peddinti, P. R. T. (2023). New technology adoption in rural areas of emerging economies: The case of rainwater harvesting systems in India. *Technological Forecasting and Social Change*, 196, 122832.

Rovira, C., Sánchez-Masferrer, M., & Rovira, M. D. (2020). Is rainwater harvesting a solution for water access in Latin America and the Caribbean? IDB Technical Note, IDB-TN-1679.

Semaan, M., Day, S. D., Garvin, M., Ramakrishnan, N., & Pearce, A. (2020). Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: A systematic literature review. *Resources, Conservation and Recycling*: X, 6, 100033.

Shefaei, A., Maleki, A., van der Hoek, J. P., van de Giesen, N., & Abraham, E. (2025). Optimising rainwater harvesting systems under uncertainty. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, 26, 200254.

UN-Water. (2015). Water security and the sustainable development goals. <https://www.unwater.org/publications/water-security-and-sdgs.pdf>

Ursino, N. (2016). Risk analysis approach to rainwater harvesting systems. *Water*, 8(8), 337.

Wang, J., Jiang, E., Wang, J., Zhang, S., Guo, Y., Yu, L., Pan, X., Jun, C., & Sivakumar, B. (2025). Parsimonious analytical modelling of rainwater harvesting systems' performance under climate change. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 62, 102924.

World Health Organization (WHO). (2020). Rainwater collection and storage: Technical fact sheet. Geneva: WHO.

World Resources Institute (WRI). (2019). Volumetric Water Benefit Accounting (VWBA): A Method for Implementing Corporate Water Stewardship. World

Resources Institute. <https://www.wri.org/research/volumetric-water-benefit-accounting>

Documento para consulta pública

### *Historia del Documento*

**Tipo de documento.** Documento metodológico.

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
Versión 1.0 para Consulta Pública	22 de marzo de 2026	Versión inicial – Consulta pública