

# Mapas de potencial de cosecha de lluvia en Venezuela bajo escenarios de cambio climático

**Tipo de proyecto:** Individual

## Resumen

**Problema a resolver:** Escasez de agua proyectada a futuro bajo escenarios de cambio climático.

**Justificación:** Actualmente el agua es un recurso escaso. Debido al cambio climático dicha escasez se agudizará, con consecuencias para la producción agrícola, el mantenimiento de los ecosistemas y el bienestar social. La cosecha de agua de lluvia se plantea como una opción de manejo de recursos hídricos y adaptación al cambio climático, cuya factibilidad debe ser evaluada.

**Objetivo general:** Elaborar mapas de potencial de cosecha de lluvia en Venezuela bajo escenarios de cambio climático, para identificar zonas con potencial para inversión en tecnologías para la cosecha de lluvia, distinguiendo del potencial para su uso agrícola en una etapa más avanzada del proyecto.

**Metodología:** Se elaborarán mapas que permitan identificar zonas con potencial de cosecha de agua de lluvia. Se construirá una serie de tiempo, utilizando datos mensuales de precipitación, para obtener la línea base y sobre estos datos se correrán modelos de cambio climático para proyectar a futuro los patrones espaciales de precipitación. La identificación de las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia se realizará mediante técnicas de clasificación utilizando herramientas de sistemas de información geográfica y criterios establecidos en la literatura especializada.

**Resultados esperados:** Mapas de potencial de cosecha de lluvia en Venezuela bajo escenarios de cambio climático. Estos resultados podrán ser divulgados mediante los canales institucionales establecidos y mediante una publicación especializada. Se espera además que la socialización de estos resultados permita continuar con el refinamiento y actualización a futuro de los mismos, contribuyendo activamente con la gobernanza del agua en el país.

## Institución

Laboratorio de Ecosistemas y Cambio Global. Centro de Ecología. Instituto venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

## Ubicación Geográfica

El alcance de este proyecto es nacional, por cuanto se elaborarán mapas cuya extensión abarca el territorio venezolano. La ejecución del proyecto se realizará principalmente en las instalaciones del Laboratorio de Ecosistemas y Cambio Global. Centro de Ecología. Instituto venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

## Planteamiento del problema

La disponibilidad de agua dulce, tanto en el planeta como en el país, es prácticamente constante en el tiempo debido a que el agua no se crea ni se destruye sino que circula mediante el ciclo hidrológico<sup>1</sup>. Sin embargo, la población aumenta exponencialmente y así también la demanda de agua, convirtiéndose ésta en un recurso

escaso. Bajo escenarios de cambio climático, la escasez de agua se agudizará, teniendo consecuencias negativas para el funcionamiento planetario y el bienestar humano<sup>2</sup>. Entre las consecuencias más significativas se encuentra la disminución de la disponibilidad de agua dulce para la producción agrícola y el consumo humano<sup>3</sup>, lo cual compromete el cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible tales como el objetivo 2 (Poner fin al hambre, seguridad alimentaria, mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible) y el objetivo 6 (garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos)<sup>4</sup>.

### **Antecedentes**

Las fuentes convencionales de agua para el aprovechamiento humano son las aguas superficiales y subterráneas, siendo el agua de lluvia aprovechada principalmente en la agricultura de secano<sup>1</sup>. Hasta el momento, el aprovechamiento de agua de lluvia en el país se realiza predominantemente de forma pasiva y en una menor proporción que las fuentes convencionales de agua dulce. Sin embargo en zonas como los llanos de Venezuela se aprovechan áreas inundables como reservorios de agua, y también se conocen, anecdóticamente, casos de aprovechamiento del agua de lluvia en escala familiar, mediante tecnologías caseras que bien podrían ser implementadas en otras zonas del país. Hasta el momento, este tipo de aprovechamiento del agua no ha sido documentado y sus potencialidades a futuro permanecen inexploradas.

### **Justificación**

En la última década se ha incrementado el aprovechamiento activo del agua de lluvia, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo, mediante la cosecha de agua de lluvia<sup>5,6</sup>. Para esto, existen diversas opciones tecnológicas que requieren distintos niveles de inversión. La cosecha de lluvia se puede realizar a nivel familiar, comunitario y regional mediante iniciativas que pueden ser individuales, privadas, gubernamentales o mixtas. La cosecha de agua de lluvia, además de permitir un mejor aprovechamiento del agua, podría contribuir a disminuir la presión por demanda del recurso sobre los sistemas convencionales de distribución del agua y sobre los ecosistemas que los sostienen<sup>5</sup>. Para estimar la factibilidad de esta opción de aprovechamiento, es necesario conocer las potencialidades actuales y futuras. Para lo cual, un primer paso es conocer la potencialidad mediante el mapeo de la precipitación y su clasificación por zonas con mayor o menor potencialidad.

### **Objetivo General**

El presente proyecto tiene como objetivo elaborar mapas de potencial de cosecha de lluvia en Venezuela bajo escenarios de cambio climático, de manera de poder determinar en cuáles regiones del país sería viable la inversión en tecnologías para la cosecha de lluvia, distinguiendo del potencial para su uso agrícola en una etapa más avanzada del proyecto.

### **Objetivos Específicos**

1. Mapear el promedio anual histórico de precipitación en Venezuela.
2. Modelar la precipitación a futuro bajo escenarios de cambio climático.
3. Mapear las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia independientemente del propósito.

4. Mapear las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia para propósitos agrícolas.

### **Metodología**

1. Mapeo del promedio anual histórico de precipitación en Venezuela.  
Se construirá una serie de tiempo para precipitación en Venezuela utilizando datos de lluvia mensuales disponibles en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). Se construirá la serie de tiempo más larga posible, dependiendo de la cobertura espacial y temporal de los datos disponibles. En caso de que los datos de lluvia disponibles no sean suficientes para realizar este mapeo con una resolución apropiada, se realizará una interpolación utilizando como fuente de datos los productos de sensores remotos tales como CHIRPS y PERSIANN. De manera que el mapa de base pueda tener una resolución útil y compatible con los modelos de cambio climático.
2. Modelado de la precipitación a futuro bajo escenarios de cambio climático.  
Se seleccionarán los Modelos de Circulación General que estén disponibles con cobertura para Venezuela. Se realizará la corrida de los modelos seleccionados bajo los escenarios de cambio climático estandarizados o Rutas de Concentración Representativas (RCP por sus siglas en inglés).
3. Mapeo de las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia independientemente del propósito. Se realizará una clasificación supervisada de los mapas de lluvia presente (resultado del objetivo 1) y proyectados a futuro (resultados del objetivo 2). La clasificación, o zonificación se realizará, determinando rangos de precipitación total dentro de los cuales la cosecha de lluvia será más factible y rangos dentro de los cuales la cosecha de lluvia será menos factible. Dichos rangos serán determinados con base en la literatura especializada en el tema. Como resultado de este paso se obtendrán mapas de zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia para cualquier propósito.
4. Mapeo de las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia para propósitos agrícolas. Se combinarán los resultados del objetivo 3 junto con datos de evapotranspiración potencial para obtener, por diferencia, el potencial de aprovechamiento de agua de lluvia con fines agrícolas.
5. Análisis y divulgación de los resultados. Como producto final se obtendrán los mapas de potencial de cosecha de lluvia en Venezuela bajo escenarios de cambio climático. Estos resultados podrán ser divulgados mediante los canales institucionales establecidos y mediante una publicación especializada arbitrada.

### Cronograma de actividades

		Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Objetivo	Actividad													
1. Mapear el promedio anual histórico de precipitación en Venezuela.	1.1 Recopilación de data en INAMEH y fuentes alternas.	x	x											
	1.2 Construcción de la serie de tiempo.			x										
	1.3 Elaboración del mapa de línea base de precipitación en Venezuela.				x									
2. Modelar la precipitación a futuro bajo escenarios de cambio climático.	2.1 Selección de modelos.	x												
	2.2 Corrida de modelos.					x	x	x						
3. Mapear las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia independientemente del propósito.	3.1 Determinación de los rangos de precipitación que serán utilizados para la clasificación supervisada.		x											
	3.2 Clasificación supervisada.									x				
	3.3 Elaboración del mapa de zonas con potencial para cosecha de lluvia independientemente del propósito.										x			
4. Mapear las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia para propósitos agrícolas.	4.1 Determinación y mapeo de la evapotranspiración potencial.											x		
	4.2 Clasificación supervisada.												x	
	4.3 Elaboración del mapa de zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia para propósitos agrícolas.													x
5. Divulgación de resultados	5.1 Visitas, reuniones, talleres para divulgación de resultados en entes con competencia en el área, medios de comunicación y otras instituciones													x

### Resultados esperados

Como resultados principales se obtendrán mapas de zonas con potencial para la cosecha de lluvia, manejando diferentes escenarios de cambio climático y horizontes de tiempo. Se espera que estos resultados fortalezcan la gobernanza del agua en el país, contribuyendo con la producción agrícola y el bienestar de comunidades vulnerables a la escasez de agua.

Los principales usuarios serán los entes corresponsables del manejo de los recursos hídricos en Venezuela, así como entes interesados en fomentar la inversión en el desarrollo y/o fortalecimiento de tecnologías propias para la cosecha de agua de lluvia. También se espera que estos resultados puedan ser aprovechados por comunidades interesadas en solucionar problemas de escasez de agua de manera autogestionada. Por último, se espera

que los resultados obtenidos en este trabajo fomenten el inicio de otras investigaciones que permitan distinguir mejor cuáles son los rangos de aprovechamiento del agua de lluvia que más se adaptan a la realidad territorial, de manera que sea posible evaluar la factibilidad económica de múltiples opciones tecnológicas para el aprovechamiento del agua de lluvia. Así mismo se deben estudiar las implicaciones ecológicas que tendría para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, especialmente bajo escenarios de cambio climático.

### **Bibliografía**

1. Oki, T., Entekhabi, D. & Harrold, T. I. The Global Water Cycle. *State Planet Front. Challenges Geophys.* 150, 25–41 (2004).
2. Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., Chapagain, A. K., Mathews, R. E. & Richter, B. D. Global monthly water scarcity: Blue water footprints versus blue water availability. *PLoS One* 7, (2012).
3. Gleeson, T. *et al.* The water planetary boundary: a roadmap to illuminate water cycle modifications in the Anthropocene (s/f). Preprint sometido en EarthArXiv con la revista Water Resources.
4. United Nations. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. *A/RES/70/1* 41 (2015). doi:10.1080/02513625.2015.1038080
5. Jägermeyr, J., Pastor, A., Biemans, H. & Gerten, D. Reconciling irrigated food production with environmental flows for Sustainable Development Goals implementation. *Nat. Commun.* 8, 1–9 (2017).
6. Campisano, A. *et al.* Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Res.* 115, 195–209 (2017).

### Plan de Inversión

Rubro	Item	Descripción	Costo unitario (Petro)	Cantidad/ Semestre		Total (Petro)
				1	2	
Materiales	1	Pizarra acrílica	1,50	2		3,00
Suministros	2	Marcadores para pizarra acrílica	0,04	16	16	1,28
	3	Resma de papel bond	0,30	1	1	0,60
	4	Bobina de papel kraft	1,5	1	1	3,00
	5	Marcadores de punta gruesa	0,04	16	16	1,28
	6	Toner para impresora HP	0,50	1		0,50
	7	Memoria RAM de 8 GB	1,00	2		2,00
	8	Disco duro externo de 4 TB	5,00	1		5,00
Equipos	9	Computadora con procesador i7 o equivalente, disco duro de 4 TB y memoria RAM de 16 GB expandible.	15,00	1		15,00
Servicios	10	Cambio de aceite vehículo oficial	2,00		1	2,00
	11	Mantenimiento de frenos vehículo oficial	4,00		1	4,00
<b>TOTAL (Petro)</b>						<b>37,66</b>

## **Resumen para cargar en el portal**

**Título:** Mapas de cosecha de lluvia y cambio climático

**Resumen:** Actualmente el agua es un recurso escaso. Debido al cambio climático dicha escasez se agudizará, con consecuencias para la producción agrícola, el mantenimiento de los ecosistemas y el bienestar social. La cosecha de agua de lluvia se plantea como una opción de manejo de recursos hídricos y adaptación al cambio climático, cuya factibilidad debe ser evaluada. El Objetivo de este trabajo es elaborar mapas de potencial de cosecha de agua de lluvia en Venezuela bajo escenarios de cambio climático, para identificar zonas con potencial para inversión en tecnologías para la cosecha de lluvia, distinguiendo del potencial para su uso agrícola en una etapa más avanzada del proyecto. Para esto se construirá una línea base utilizando datos mensuales de precipitación, y se correrán modelos de cambio climático para proyectar a futuro los patrones espaciales de precipitación. La identificación de las zonas con potencial para la cosecha de agua de lluvia se realizará mediante técnicas de clasificación utilizando herramientas de sistemas de información geográfica y criterios establecidos en la literatura especializada. Se espera además que la socialización de estos resultados permita continuar con el refinamiento y actualización a futuro de los mismos, contribuyendo activamente con la gobernanza del agua en el país.

**Objetivo:** Elaborar mapas de potencial de cosecha de lluvia en Venezuela bajo escenarios de cambio climático.