



Luna Azul  
ISSN: 1909-2474  
Universidad de Caldas

Vargas-Pineda, Oscar Ivan; Trujillo-González, Juan Manuel; González-García, Nicolás  
ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA  
LLUVIA A PEQUEÑA ESCALA CON FINALIDAD PECUARIA  
Luna Azul, núm. 46, 2018, Enero-Junio, pp. 20-32  
Universidad de Caldas

DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.3>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321759619003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNEM  
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA A PEQUEÑA ESCALA CON FINALIDAD PECUARIA

Oscar Ivan Vargas-Pineda<sup>1</sup> 

Nicolás González-García<sup>3</sup> 

Juan Manuel Trujillo-González<sup>2</sup> 

Recibido el 1 de octubre de 2016, aprobado el 31 de marzo de 2017, actualizado el 18 de diciembre de 2017

DOI: 10.17151/luaz.2018.46.3

### RESUMEN

La demanda global de agua se ha incrementado durante los últimos años debido al crecimiento de la población y a la necesidad de producir mayor cantidad de bienes y servicios. Sumado a esto, el cambio climático ha modificado los patrones del clima de algunas regiones alterando los periodos de sequía y lluvia. Por tal motivo, se proponen sistemas de cosecha y almacenamiento de agua que permitan almacenar los excesos de agua para su posterior uso en los periodos secos, sin que se interrumpa la producción de alimentos. En la altillanura colombiana se evidencian estos efectos del cambio climático, generando pérdidas a los productores de ganado principalmente debido a la escasez hídrica en la época seca. Basados en lo anterior, el presente estudio tiene como objetivos; 1) caracterizar la dinámica de la precipitación del área de estudio con énfasis en la frecuencia e intensidad, 2) determinar el potencial de cosecha de agua del sistema a pequeña escala. Inicialmente se recopiló información en el periodo 2009–2014, de una estación pluviométrica propia de la granja. Asimismo, se calcularon las dimensiones de la infraestructura del sistema de cosecha para determinar su potencial. Los resultados ponen de manifiesto que en la zona se presenta una distribución de lluvias monomodal, donde el periodo de lluvias comprende los meses de abril a octubre y el periodo seco de noviembre a marzo. Por otro lado, el potencial de cosecha de agua de acuerdo a las condiciones del sistema fue de 820 m<sup>3</sup>/año y el consumo de los vacunos fue de 540 m<sup>3</sup>/año. En conclusión, el sistema de cosecha es una estrategia de adaptación al cambio climático ya que mitiga sus efectos negativos; además garantiza que los productores a pequeña escala y de regiones con temporalidad climática marcada tengan producción durante todo el año.

**Palabras claves:** sistema de cosecha de agua, precipitación, cambio climático, producción ganadera.

### ANALYSIS OF A SMALL-SCALE WATER HARVEST SYSTEM FOR LIVESTOCK PURPOSES

#### ABSTRACT

The global water demand has increased during the last years due to the growth of the population and the need to produce more goods and services. Added to this, climate change has varied weather patterns in some regions altering periods of drought and rain. For this reason, water harvesting and

storage systems that allow storing excess water for later use in dry periods without interrupting food production are proposed. The effects of climate change are evident in the Colombian eastern highlands (the Altillanura), generating losses to livestock producers mainly because of water shortage in the dry season. Based on the above, this study aims 1) to characterize the dynamics of rainfall in the area of study with emphasis on frequency and intensity; 2) to determine the potential of a small-scale water harvesting system. Initially, information was compiled in the period 2009 - 2014 from a rainfall station typical of the farm. Likewise, the dimensions of the harvesting system infrastructure were calculated to determine their potential. The results show that a monomodal distribution of rainfall is present in the area, where the rainy season covers the months from April to October, and the dry season from November to March. On the other hand, the potential water harvesting, according to the system conditions, was 820 m<sup>3</sup> / year, and the consumption of cattle was 540 m<sup>3</sup> / year. In conclusion, the harvesting system is an adaptation strategy to climate change since it mitigates its potential damage and guarantees that small-scale producers and regions with marked climate temporality continue to produce all year.

**Keywords:** water harvest system, rainfall, climate change, livestock production

---

## INTRODUCCIÓN

La demanda global de agua ha ido en aumento desde el siglo pasado (Kummu et al., 2010) y se prevé que aumente aún más debido al crecimiento de la población y a la necesidad de tener mayor producción de alimentos (De Fries y Rosenzweig, 2010; Rockstrom et al., 2007), además de tener que asegurar la producción constante en regiones con escasez, principalmente donde los periodos de lluvia y sequía son marcados (Lasage y Verburg, 2015). Así mismo, el IPCC (2012) asegura que el cambio climático producirá aumentos en los periodos de sequía y precipitaciones con mayor intensidad. En este sentido el almacenamiento de los excesos de agua durante la época de lluvia puede aumentar la disponibilidad del recurso en el periodo seco y se convierte en el principal desafío y oportunidad en las regiones áridas y semiáridas (Molden et al., 2003). Para esto, los sistemas de cosecha de agua lluvia son tecnologías que han demostrado mejorar la productividad (Fox y Rockstrom, 2003; Torres et al., 2011; Bouma et al., 2016). Dile et al. (2016) aseguran que los sistemas de cosecha de agua pueden aumentar la resiliencia y por lo tanto dar lugar a la intensificación de la producción sostenible. Estas técnicas de cosecha de agua se establecen como alternativas que permite a los productores locales, especialmente de los países en desarrollo a que se adapten al evidente cambio climático (Howden et al, 2007; Delgado et al., 2013). Estos sistemas se clasifican en in-situ y ex-situ. Los ex-situ colectan el agua en grandes áreas, tienen una cuenca de drenaje, estructuras de conducción y almacenamiento (Dile et al., 2013), mientras que los sistemas in-situ colectan y almacenan en el mismo lugar las diferencias se encuentran ampliamente descritas en la literatura (Vohland y Barry, 2009; Biazin et al, 2012).

En la altillanura colombiana, el cambio climático se evidencia con periodos de sequía cada vez más largos, lo que afecta la producción de alimentos (Gobernación del Meta, 2012). En esta región, el

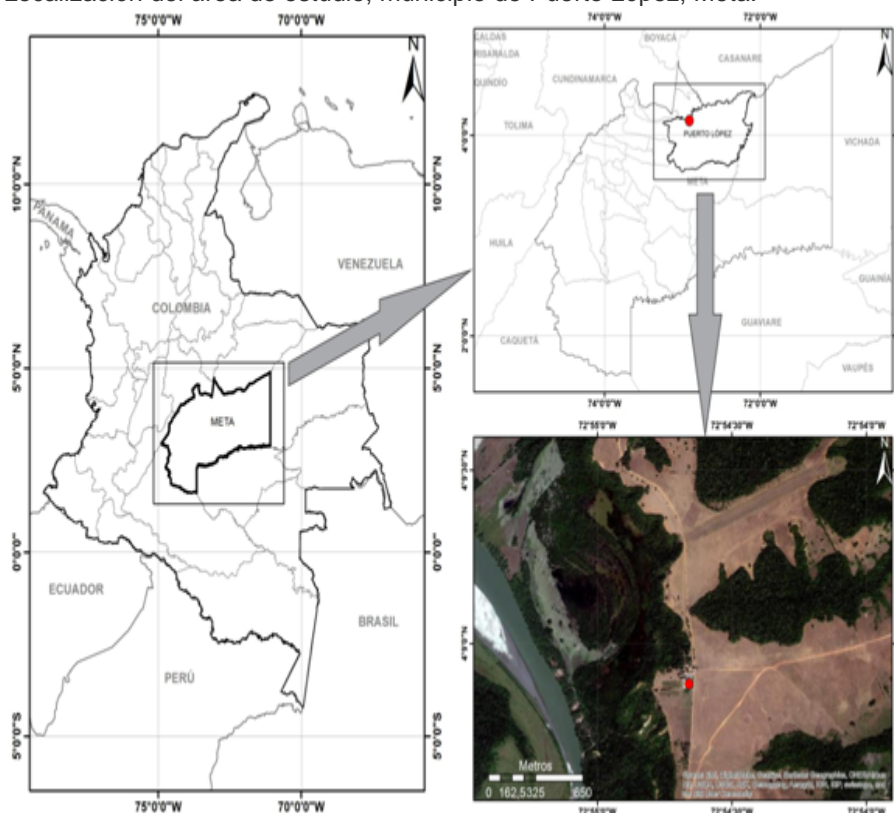
cambio en el régimen de lluvias exige un cambio en los sistemas de producción, de modo que se realice una gestión sostenible del recurso hídrico y que esto redunde en la productividad agropecuaria. La implementación de sistemas de cosecha de agua en la producción de ganado bovino disminuye el riesgo de mortalidad y mitiga la pérdida de peso del hato ganadero (CORMACARENA, 2006; Loaiza y Osorio, 2009). De este modo, un sistema de cosecha de agua debe ser elegido y diseñado para las circunstancias locales, teniendo en cuenta la finalidad, los fondos disponibles, la experiencia técnica y el entorno físico (Kato et al., 2008).

Atendiendo a lo descrito anteriormente, los objetivos del presente estudio fueron: 1. caracterizar las condiciones climáticas del área de estudio con énfasis en la dinámica de la precipitación (frecuencia e intensidad). 2. calcular el potencial de cosecha de agua lluvia de la infraestructura instalada en el sistema a pequeña escala con finalidad pecuaria, y de esta manera establecer una línea de información base que permita mejorar y rediseñar mecanismos para la gestión del recurso hídrico en los sistemas de producción.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El presente estudio se realizó en el sistema de cosecha de agua con finalidad pecuaria de una granja ganadera en la vereda Marayal, del Municipio de Puerto López, Departamento del Meta (Colombia), ubicada en las coordenadas geográficas 04°08'53" Norte y 72°54'40" Oeste. Esta área está localizada en la subregión de la Altillanura de la región de los Llanos Orientales, subregión que contiene sabanas planas y sabanas ondulada o de serranía. Presenta condiciones de precipitación media anual entre 2100 y 2700 mm, una temperatura media anual de 26.5 ° C, una altura sobre nivel del mar de 178 metros. La altillanura cuenta aproximadamente con 664 cabezas de ganado bovino que representan una carga promedio de 0,3 animales por hectárea (CONPES, 2014). En Puerto López se usan 333.578 hectáreas que representa el hato ganadero más grande del departamento del Meta y es su principal actividad económica (Ministerio de Trabajo, 2013).

**Figura 1.** Localización del área de estudio, municipio de Puerto López, Meta.

Fuente: Los autores

### Caracterización del sistema de cosecha de agua

El sistema de cosecha de agua lluvia que fue analizado es un tipo de microcaptación in-situ por sus características de cosechar el agua en el mismo lugar de uso (Quirós et al, 2010). Además, es un sistema que cuenta con los tres componentes fundamentales para su funcionamiento: a) **Área de captación**: superficie de contacto directo con la precipitación que conduce el agua al área de almacenamiento; b) **Área de almacenamiento**: un tanque de almacenamiento construido en concreto y hormigón. Las dimensiones se especifican en la figura 1 y tiene una capacidad de almacenamiento de 288 m<sup>3</sup> de agua; c) **Área objetivo**: el agua cosechada en el sistema tiene como fin abastecer ganado bovino en un sistema semi-estabulado.

### Dinámica de la precipitación (frecuencia e intensidad)

Se obtuvo información pluviométrica del periodo 2009–2014 en una estación privada en la granja estudiada y se analizó con énfasis en el régimen de precipitación, días de lluvia en el año, meses lluviosos (frecuencia) y los volúmenes registrados (intensidad). Los datos compilados fueron procesados y analizados mediante estadística descriptiva.

### Potencial de cosecha de agua

Se determinó el volumen mensual de agua lluvia que potencialmente puede cosecharse con el sistema instalado, aquí se consideró información como: precipitación, la superficie de la cubierta y

un coeficiente de escorrentía de 0,80 (UNATSABAR, 2004). Tal coeficiente de escurrimiento indica una pérdida de 20% del agua de lluvia que se descarta para la limpieza del techo y la evaporación. Por lo tanto, el volumen de agua de lluvia que aproximadamente se puede cosechar en el sistema anualmente fue determinado mediante la adaptación de la ecuación expresada en Ghisi et al. (2006):

$$VR = (R \times Hra \times Rc) / 1000$$

Donde; **VR** es el volumen mensual de agua de lluvia que podría obtenerse en el sistema (m<sup>3</sup>), **R** es la precipitación mensual (l/mes), **Hra** es el área neta de captación (m<sup>2</sup>), **Rc** es el coeficiente de escorrentía (adimensional), y 1000 es el factor de conversión de litros a m<sup>3</sup>.

### **Demanda de agua por la actividad ganadera**

El sistema de cosecha está diseñado para abastecer de agua a la producción de ganadería extensiva de la granja (vacas preñadas y becerros) cuando están en el establo. Para determinar la demanda hídrica en las actividades que requieren de agua (consumo animal, lavado) en el establo se instaló un micromedidor de agua en la salida del tanque de almacenamiento, el cual suministra por gravedad los abrevaderos a través de tres (3) grifos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

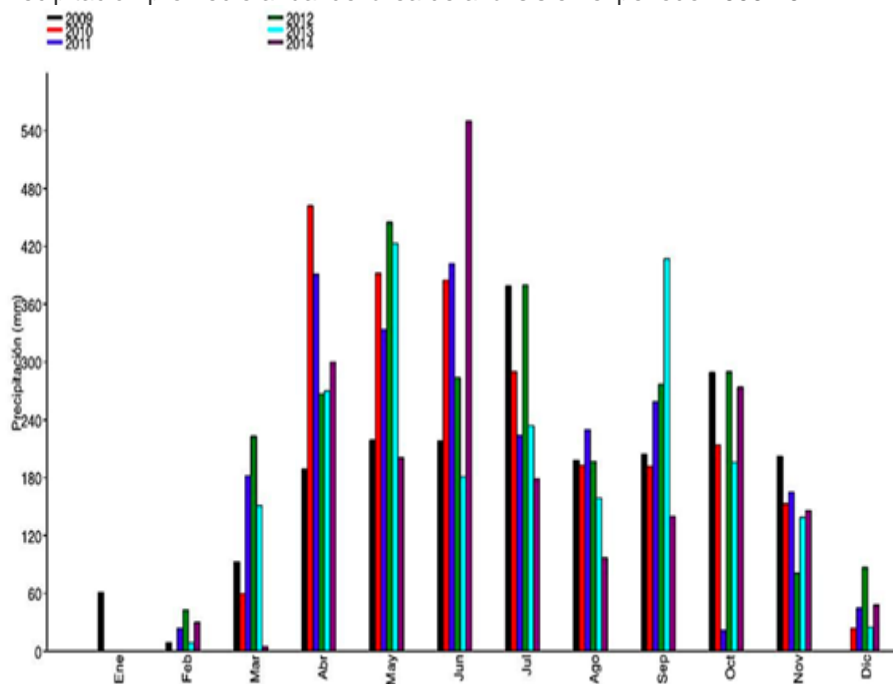
Se caracterizó la dinámica climática de la granja ganadera ubicada en la Altillanura Colombiana durante el periodo del 2009-2014, con énfasis en la frecuencia e intensidad de la precipitación, además se estimó el volumen potencial de cosecha del sistema instalado y demanda de agua necesaria para la producción pecuaria (ganadera).

### ***Caracterización de las condiciones climáticas (Dinámica de la precipitación)***

En el estudio del régimen pluviométrico del área se identificó una precipitación promedio anual de 2240 mm y una media mensual de 187 mm, lo que permite afirmar que la zona es de **clima muy húmedo** (Minorta-Cely y Rangel-Ch, 2014), asimismo, prevalece un régimen de lluvias de distribución **unimodal biestacional** con 71 días de precipitación anual en promedio. En este sentido, se presentan dos épocas altamente marcadas, una época seca que inicia con la llegada de los vientos alisios desde Noviembre a Marzo, los cuales registran en promedio 3 días de lluvia al mes, y otra húmeda desde los meses Abril hasta Octubre, con una frecuencia de lluvias de nueve (9) días al mes en promedio, además en esta se concentra el 85,1% de la precipitación total anual. Estas épocas se alternan a través de periodos de transición corta, pasando gradualmente de **déficit** a **unexceso hídrico**. En la [figura 2](#) se observa que los meses de mayor precipitación son abril, mayo, junio y julio, con una precipitación de 1267 mm, los cuales representan el 56,6% del total. El mínimo pluviométrico se evidencia entre los meses de diciembre, enero y febrero que suman 67 mm y aportan el 2,99% del total. Del mismo modo, en el análisis a detalle del régimen pluviométrico de la zona, no es suficiente conocer el volumen de lluvia por mes, sino que también es importante revisar los días con presencia de lluvia. En la [figura 3](#) se presentan los meses de mayor

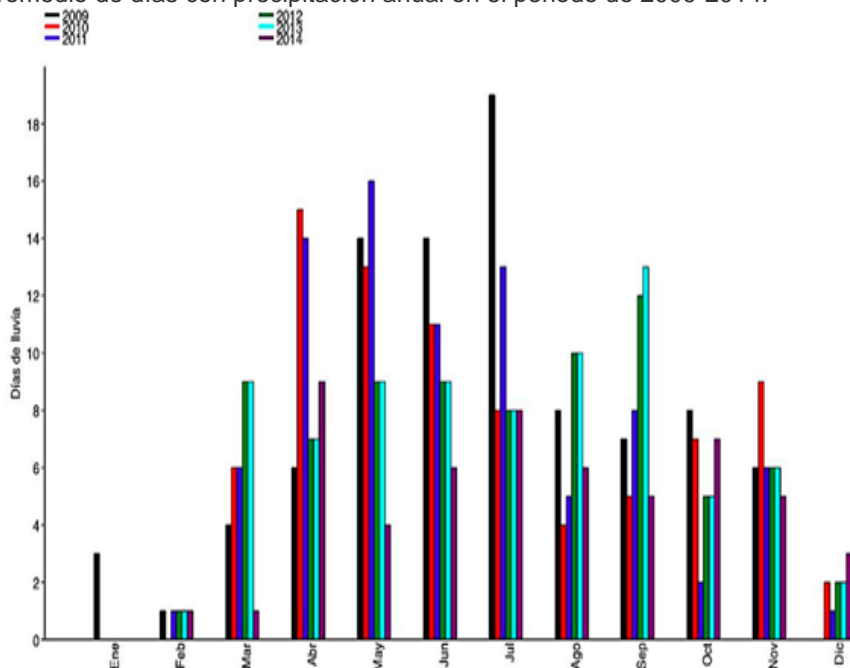
precipitación con un promedio de días de lluvia de once (11) y en la época seca de uno (1), siendo el número de días con precipitación promedio anual de setenta y nueve (79). De acuerdo con Lasege y Verburg (2015), en regiones con estacionalidad altamente marcada se pueden desencadenar problemas de escasez, además de afectar la producción agropecuaria. Un ejemplo de esto sucede en la región de los Llanos orientales de Colombia, donde el ganado bovino pierde significativamente peso durante la época seca (Rivera et al., 2013).

**Figura 2.** Precipitación promedio anual del área de análisis en el periodo 2009-2014.



Fuente: Los autores

**Figura 3.** Promedio de días con precipitación anual en el periodo de 2009-2014.



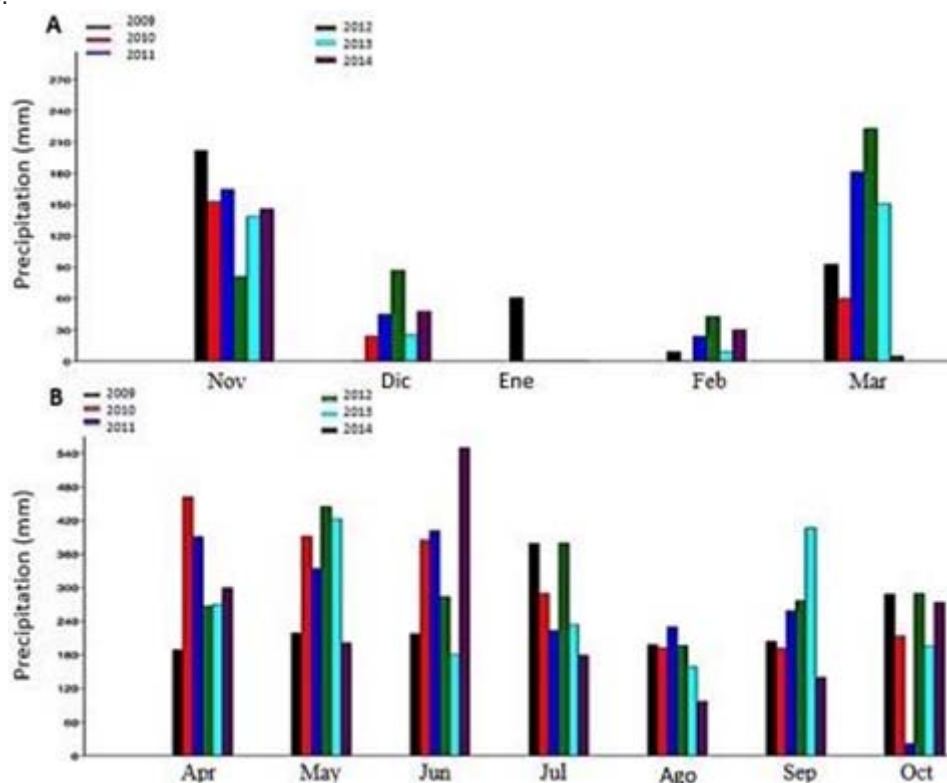
Fuente: Los autores

### Variabilidad climática de la zona

La disponibilidad del recurso hídrico puede afectarse por la variabilidad climática durante períodos determinados que alteran la estacionalidad en tiempo y espacio (Montealegre y Pabón, 2000). La secuencia de estas oscilaciones se dan en diferentes escalas temporales, como la variabilidad intraestacional que son cambios evidenciados en ciclos de pocos meses durante el año (Cerne y Vera, 2011; Naumann y Vargas, 2012) y la variabilidad interanual, referida a los cambios en los niveles de precipitación obtenidos a lo largo del año (Vidale et al., 2007; Lenderink et al., 2007). La zona de estudio presentó variaciones intraestacionales en el comportamiento de la precipitación, un ejemplo de esto se refleja en el mes de enero de 2009 donde se registraron lluvias a pesar de considerarse como época seca, fenómeno que no se replicó en los demás años analizados; así mismo, en la época húmeda del mes de octubre del año 2011 donde se presentó variación como se muestra en la figura 3 en cuanto a la variación interanual, se presentaron dos periodos por debajo del promedio multianual, el primero en el año 2009 con una baja del 8% de las lluvias y el segundo periodo de 2013 a 2014 que registró los menores valores de precipitación con una media de 2082 mm y una disminución del 7% de días lluviosos. En el periodo de 2010 a 2012 se registraron valores que superan el promedio multianual de precipitación, con un aumento del 7,3% de las lluvias. En este mismo sentido, las variaciones del clima también permiten identificar los años extremos (años secos y húmedos) en una región, siendo el año seco en el 2014 y el año húmedo en 2012, cabe resaltar que en los dos años se presenta el mismo periodo de lluvias pero varían en la intensidad de la precipitación. En el 2014 (año seco) se registró 1970 mm de agua lluvia que corresponde a una baja del 16,2 % de la media anual de precipitación y en el 2012 (año húmedo) se obtuvo 2574 mm de agua lluvia que representa un 9,5% por encima de la media anual de precipitación para la zona. La [figura 4](#) muestra las variaciones climáticas en referencia a la distribución de las lluvias en el periodo analizado.



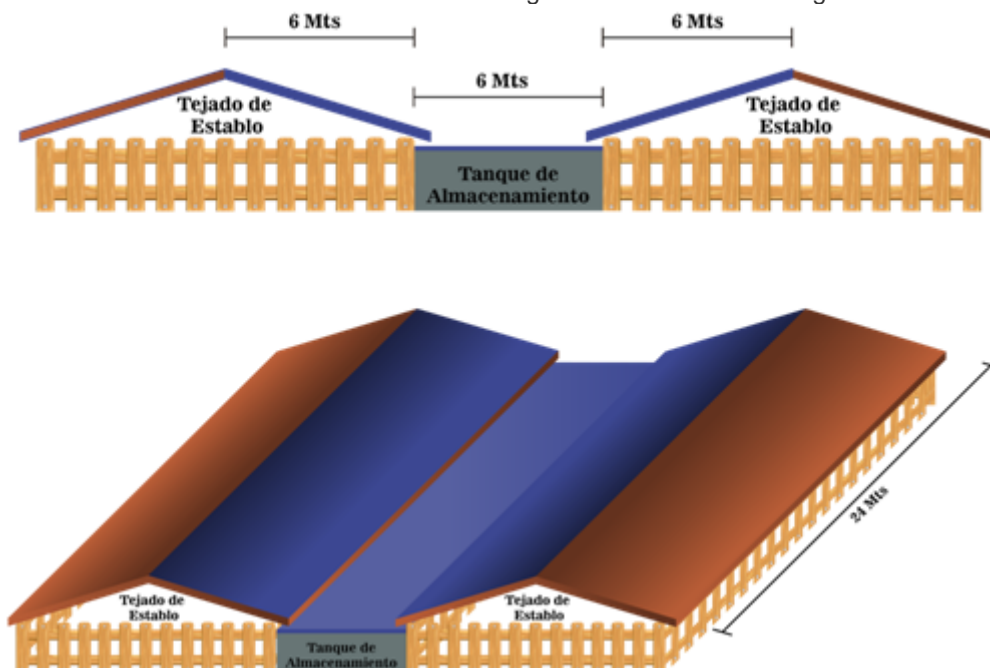
**Figura 4.** A) Variación climática de la época seca en el periodo de 2009 a 2014 en el área de estudio. B) Variación climática de la época húmeda en el periodo de 2009 a 2014 en el área de estudio.



Fuente: Los autores

### Potencial de cosecha de agua lluvia

La cosecha de agua lluvia en cubiertas permite mitigar los efectos de la escasez del suministro de agua y evita que se genere presión sobre reservas de agua superficiales y subterráneas (Aladenola y Adeboye, 2010). De este modo, la oferta ambiental del clima debe ser la primera fuente de agua que el productor agropecuario debería considerar para suplir los requerimientos que tienen sus procesos productivos (FAO, 2013). En los llanos Orientales de Colombia, la actividad ganadera es afectada por las variaciones climáticas y el déficit hídrico en algunas épocas del año, por esto, la precipitación de la zona es óptima para la implementación de sistemas de cosecha de agua lluvia que permita la sostenibilidad de la actividad productiva. En la [figura 5](#) se presenta el diseño del sistema de cosecha de agua de la granja ganadera objeto del presente análisis. Este sistema cuenta con un área neta de captación de 432 m<sup>2</sup> y un coeficiente de escorrentía de 0.8 debido al tipo de material de la cubierta, lo cual permite alcanzar un potencial de cosecha de agua de 822 m<sup>3</sup>/año, siendo el mes de junio el que mayor volumen aporta con 123.6 m<sup>3</sup> y enero el de menor aporte con 3.7 m<sup>3</sup>. Esta agua almacenada es aprovechada para abastecer los requerimientos de ganado bovino, principalmente las vacas preñadas y becerros, la demanda de agua alcanza los 540 m<sup>3</sup>/año, los animales hacen uso del agua únicamente cuando están en el establo.

**Figura 5.** Dimensiones del sistema de cosecha de agua lluvia en la hacienda ganadera.

Fuente: Los autores.

Por otro lado, la eficiencia de este sistema se complementa con la distribución del agua que se realiza mediante gravedad tal como lo recomiendan Mwenger et al. (2007) y Helmreich y Horn (2008), evitando así consumo de energía eléctrica que podría aumentar los costos de producción. Finalmente, Darus (2009), plantea que estos modelos son favorables en la producción ganadera, debido a que las entradas de agua en el sistema son mayores a las salidas.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el periodo estudiado de 2009 a 2014, la implementación de sistemas de cosecha agua lluvia en la producción pecuaria representa una opción práctica e ideal de adaptación de los sistemas productivos a los efectos del cambio climático y de este modo mantener una producción sostenible. Asimismo, se reduce de forma considerable la presión sobre las fuentes hídricas superficiales y subterráneas. Los sistemas de captura en cubiertas permiten el aprovechamiento de la precipitación como fuente importante de agua, además este sistema puede replicarse en sistemas de producción pecuarias que requieran de agua para sus actividades tales como el lavado de establos, mantenimiento de instalaciones y consumo animal entre otras.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana (ICAOC), de la Universidad de los Llanos, Villavicencio-Meta que con su asesoría orientaron y ayudaron en los traslados a la granja para realizar la investigación de la mejor manera. Además, agradecer a los encargados de la granja por permitirnos ingresar al sistema de cosecha y generar el estudio. Por ultimo al Fondo Social de la Educación Superior de la Gobernación del Meta por la becas otorgadas a los autores.

## REFERENCIAS

- Aladenola, O. O., y Adeboye, O. B. (2010). Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water Resources Management*, 24(10), 2129-2137.
- Biazin, B., Sterk, G., Temesgen, M., Abdulkedir, A., y Stroosnijder, L. (2012). Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa. *A review. Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C* 47-48 139–151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2011.08.015>.
- Bouma, J., Hegde, S.E., Lasage, R. (2016). Assessing the returns to water harvesting: A meta-analysis. *Agricultural Water Management* 163, 100-109.
- Cerne, S. B., y Vera, C. S. (2011). Influence of the intraseasonal variability on heat waves in subtropical South America. *Climate Dynamics*, 36, 2265-2277
- CONPES. (2014). POLÍTICA PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA ORINOQUIA: ALTILLANURA. Bogota: *Consejo nacional de política economica y social. Departamento nacional de planeacion para el desarrollo integral de la Orinoquia*.
- CORMACARENA. (2006). *Agenda Ambiental*. Colombia: Corporación Para El Desarrollo Sostenible Del Área De Manejo Especial De La Macarena-CORMACARENA.
- Darus, Z. M. (2009) *Potential development of rainwater harvesting in Malaysia*. Canary Islands: The 3rd WSEAS international conference on energy planning, energy saving, environmental education.
- De Fries, R. y Rosenzweig, C. (2010). Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics. *PNAS* 107 (46), 19627e19632.
- Delgado-García, S.M., Trujillo-González J.M. y Torres-Mora, M. A (2013). La huella hídrica como una estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico: ejercicio con comunidades rurales de Villavicencio. *Revista Luna Azul*, 36, 70-77. DOI: 10.17151/luaz.2014.39.3
- Dile, Y. T., Karlberg, L., Daggupati, P., Srinivasan, R., Wiberg, D. y Rockström, J. (2016). Assessing the implications of water harvesting intensification on upstream–downstream ecosystem services: A case study in the Lake Tana basin. *Science of The Total Environment*, 542, 22-35.
- Dile, Y.T., Berndtsson, R., Setegn, S.G. (2013). Hydrological response to climate change for Gilgel Abay River, in the Lake Tana basin–upper Blue Nile basin of Ethiopia. *PLoS One* 8, e79296. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0079296>.
- FAO. (2013). CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recuperado de [Link](#)

- Fox, P. y Rockström, J. (2003). Supplemental irrigation for dry-spell mitigation of rainfed agriculture in the Sahel. *Agric. Water Manag.* 61, 29–50.
- Ghisi, E., Montibeller, A. y Schmidt, R. (2006). Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil, *Building and Environment* 41. 204–210.
- Gobernación del Meta. (2012). Plan de Desarrollo Departamental. Proyecto para el consejo territorial de planeación. Colombia.
- Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M. y Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *PNAS* 104 (50), 19691e19696.
- Helmreich, B. y Horn, H. (2008). Opportunities in rainwater harvesting, Institute of Water Quality Control, Technische Universität München, Am Coulombwall, 85748 Garching, Germany, pp 118 - 124
- IPCC. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Inter- governmental Panel on Climate Change* In: Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.K., Allen, S.K., Tignor, M., Midgley, P.M. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, p. 582.
- Kato, E., Ringler, C., Yesuf, M. y Bryan, E. (2008). Soil and Water Conservation Technologies: a Buffer against Production Risk in the Face of Climate Change? Insights from the Nile Basin in Ethiopia. *International Food Policy Research Institute Discussion Paper* 00871.
- Kumm, M., Ward, P.J., De Moel, H. y Varis, O. (2010). Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environ. Res. Lett.* 5 (034006), 10 doi: 1748-9326/10/034006.
- Lasage, R., y Verburg, P. H. (2015). Evaluation of small scale water harvesting techniques for semi-arid environments. *Journal of Arid Environments*, 118, 48-57.
- Lenderink, G., Van Ulden, A., Van Den Hurk, B. y Van Meijgaard, E. (2007). Summertime inter-annual temperature variability in an ensemble of regional model simulations: Analysis of the surface energy budget. *Climatic Change*, 81, 233-247
- Loaiza, A., y Osorio, A. (2009). Gestión del agua en el sector de la ganadería bovina en la cuenca río la vieja departamento de Quindío y Risaralda. Pereira: Tesis de Literatura. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Minorta-Cely, V., y Rangel-Ch, J. O. (2014). Los tipos de vegetación de la Orinoquia Colombiana. En: *Colombia Diversidad Biológica XIV. La región de la Orinoquia de Colombia*: 533-612. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá D.C
- Ministerio de Trabajo. (2013). Perfil Productivo del municipio de Puerto Lopez. Insumo para el diseño de las estrategias y alternativas para la generación de empleo a las víctimas. Bogotá: Ministerio de Trabajo.
- Molden, D., Murray-Rust, R., Sakthivadivel, R. y Makin, I. (2003). A water productivity framework for understanding and action (Chapter 1). In: Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D.J. (Eds.), *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. UK: CABI Publishing, UK, pp. 1-19.
- Montealegre J., y Pabon, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña-Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*, 2, 7-21.

- Mwenge J., Taigbenu, A.E. y Boroto, J. R. (2007). Domestic rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 32(15), 1050-1057
- Naumann, G. y Vargas, W. M. (2012). A study of intraseasonal temperature variability in southeastern South America. *Journal of Climate*, 25, 5892-5903.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2000). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia experiencias en América Latina*. Chile. Recuperado de [Link](#)
- Rivera, J. E., Chará, J. D., Solarte, A. J., Uribe, F., Zapata, C. y Murgueitio, E. (2013). Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26, 313-316.
- Rockström, J. M., Lannerstad, M. y Falkenmarkt, M. (2007). Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. *PNAS* 104 (15), 6253e6260.
- Torres, A., Méndez-Fajardo, S., López-Kleine, L., Marín, V., González, J. A., Suárez, J. C. y Ruiz, A. (2011). Evaluación preliminar de la calidad de la escorrentía pluvial sobre tejados para su posible aprovechamiento en zonas periurbanas de Bogotá. *UDCA Actualidad y divulgación científica*, 14(1), 127-135.
- UNATSABAR, C. (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. In Guía de diseño para captación del agua de lluvia. OPS/CEPIS.
- Vidale, P. L., Lüthi, D., Wegmann, R. y Schär, C. (2007). European summer climate variability in a heterogeneous multi-model ensemble. *Climatic Change*, 81, 209-232.
- Vohland, K. y Barry, B. (2009). A review of in situ rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 131, 119-127. [Link](#).
- Quirós R, Grainger H, Morales D (2010). Estudio de viabilidad técnica y económica para el desarrollo de opciones de cosecha de lluvia y manejo adecuado en sistemas de riego en la producción agropecuaria. El ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica, 4-5.

1. Ingeniero Agroindustrial, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana ICAOC, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Campus Barcelona, Villavicencio, Colombia. [oscar.vargas@unillanos.edu.co](mailto:oscar.vargas@unillanos.edu.co)(autor de correspondencia). ORCID: 0000-0002-6462-4264.
2. Ingeniero Agroindustrial, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana ICAOC, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Campus Barcelona, Villavicencio, Colombia. [Nicolas.gonzalez@unillanos.edu.co](mailto:Nicolas.gonzalez@unillanos.edu.co). ORCID: 0000-0002-1657-9374.
3. Maestría en Ciencias Ambientales, Docente, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana ICAOC, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Campus Barcelona, Villavicencio, Colombia. [jtrujillo@unillanos.edu.co](mailto:jtrujillo@unillanos.edu.co). ORCID: 0000-0001-9612-4080

**Para citar este artículo:** Vargas-Pineda, O. I. González-García, N. Y Trujillo-González, J. M. (2018). Análisis de un sistema de cosecha de agua a pequeña escala con finalidad pecuaria. *Revista Luna Azul*, 46, 20-32. Recuperado de <http://200.21.104.25/lunazul/index.php/component/content/article?id=270>. DOI: 10.17151/luaz.2018.46.3

---

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](#)

