

Sistema de Monitoreo de las Condiciones Climáticas del Departamento del Magdalena, Colombia

Adalberto Ospino Castro, Phd¹, Juan Tobón, Msc¹ y Carlos Robles-Algarín, Phd²

¹Universidad de la Costa, Colombia, aospino8@cuc.edu.co, jton1@cuc.edu.co

²Universidad del Magdalena, Colombia, croblesa@unimagdalena.edu.co

Resumen— En este artículo se presenta un sistema de monitoreo que permite conocer de forma remota las condiciones climáticas del departamento del Magdalena en Colombia. Para lograr esto, se instalaron 8 estaciones meteorológicas HOBO RX3003 distribuidas alrededor del departamento, para medir las variables de precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, presión barométrica, velocidad y dirección del viento. Los datos provenientes de los sensores son transmitidos vía GPRS y visualizados a través de la plataforma HOBOLink. Los resultados obtenidos a la fecha demuestran la funcionalidad de las estaciones meteorológicas, con el fin de contar con datos para calibración de modelos de pronóstico de tiempo y clima en esta región del Caribe Colombiano.

Palabras clave— condiciones climáticas, radiación solar, velocidad y dirección del viento, estación meteorológica, precipitación.

I. INTRODUCCIÓN

En el Departamento del Magdalena, al igual que en gran parte del territorio colombiano, existe gran vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático [1]. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por el antiguo Servicio Colombiano de Hidrología y Meteorología (SCHM), hoy Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y otras entidades, la información existente en materia de investigación es dispersa, lo que ocasiona una fragmentación del conocimiento científico que provee visiones sesgadas del problema, que poco contribuyen a las decisiones estratégicas departamentales y regionales [2].

Según el estudio del cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia, usando modelos meteorológicos de alta resolución [3], se concluye que la temperatura media nacional seguirá en aumento en el siglo XXI, las precipitaciones se verán aumentadas en algunos sitios y disminuidas en otros. Los modelos utilizados en este estudio fueron alimentados con datos de la red meteorológica nacional.

Es importante señalar que, en este estudio para el departamento del Magdalena, 99 estaciones tenían la información pluviométrica y 60 cumplían con los requerimientos del estudio. En el mismo sentido, 17 estaciones tenían información de temperatura (con 9 válidas) y 14 de humedad relativa (con 8 válidas). De este conjunto de estaciones ninguna es automática, lo que deja ver que la red de monitoreo en el departamento del Magdalena no es idónea para estudiar las variables climatológicas e hidrológicas. Además, la información que se obtiene a nivel nacional, principalmente para el centro y sur del departamento, se logra

a través de métodos de interpolación espacial. A la fecha el IDEAM cuenta con sólo 9 estaciones meteorológicas automáticas [4].

Verificando los índices océano atmosféricos (*bivariate ENSO index*, *Multivariate ENSO Index*, *Atlantic Multi-decadal Oscillation* y *Pacific Decadal Oscillation*) sobre la oferta hídrica superficial, para cada municipio del departamento del Magdalena se evidencia la carencia de información de tipo meteorológica, principalmente precipitaciones en la zona central del departamento, lo que imposibilita el cálculo de estos índices que son necesarios para determinar el comportamiento de las zonas de recarga hídrica del acuífero de esta zona del país [5].

El IDEAM tiene pronósticos de tiempo para la Región Caribe y para el municipio de Santa Marta, pero no para el territorio del departamento del Magdalena y sus subregiones climáticas, limitadas por el río Magdalena (occidente), la región de la Mojana (sur-occidente), la SNSM (nor-orientado), CGSM y Mar Caribe, (norte); sin desconocer, por supuesto, los efectos de escala regional y global que también influyen en el clima del departamento y la región [6].

Teniendo en cuenta el panorama anterior, en este trabajo se presentan los avances obtenidos con la instalación de una plataforma de monitoreo en el departamento del Magdalena, con el fin de tener datos para calibración de modelos de pronóstico de tiempo y clima en esta región del Caribe Colombiano. Mediante el diseño del presente proyecto, el departamento ha priorizado la importancia de obtener información primaria que permita estudiar y proyectar a nivel departamental los efectos del cambio climático de manera más específica, lo cual se presenta como la principal contribución de este trabajo puesto que en la región no se cuenta actualmente con este tipo de plataformas.

Es de resaltar que los avances presentados en este trabajo están enmarcados dentro del proyecto “Investigación de los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático sobre el recurso hídrico, biodiversidad y actividades agropecuarias en el departamento del Magdalena”, con el cual se busca fortalecer la capacidad científica y tecnológica del departamento para afrontar los efectos del cambio climático sobre el recurso hídrico, la biodiversidad y las poblaciones vulnerables.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la implementación del sistema de monitoreo se utilizó el Datalogger HOBO RX3003 [7], el cual permite un acceso remoto de forma instantánea desde cualquier lugar, a

través de una conexión a internet. En la Tabla 1 se muestran las principales especificaciones de este Datalogger.

TABLA 1: Especificaciones del Datalogger HOBO RX3003

Especificaciones	Valor
Rango de Operación	-40°C a 60 °C
Canales de datos	15
Tasa de Registro	1 segundo
Tipo de Batería	4V / 10 Ah
Memoria	32 MB, 2 millones de mediciones
LCD	Visible de 0° a 50 °C
Conexión Inalámbrica	GSM/GPRS/EDGE
Tipo de caja	NEMA 4X
Peso	2.2 kg
Dimensiones	18.6 x 18.1 x 11.8 cm

En la actualidad, se han instalado 8 estaciones en diferentes municipios del departamento del Magdalena. En la Tabla 2 se muestra la ubicación de cada una de estas estaciones. Para finalizar con el proceso de instalación de esta fase del proyecto, solo resta instalar 4 estaciones meteorológicas las cuales estarán ubicadas en los municipios de Plato (1), Chibolo (1) y Sabanas de San Ángel (2).

TABLA 2: Estaciones instaladas

Municipio	Descripción	Coordenadas Magna Sirgas X – Y
Sitio Nuevo	Cabecera Municipal	929169.47-1684262.57
Zona Bananera	Corregimiento Tucurinca	990597.05-1668844.75
Zona Bananera	Corregimiento Julio Zawady	992373.09-1698003.55
Guamal	Cabecera Municipal	983200.63-1502974.29
Santa Bárbara de Pinto	Cabecera Municipal	931404.97-1534283.69
Santa Bárbara de Pinto	Corregimiento de Cundinamarca	940617.27-1553974.61
Nueva Granada	Corregimiento El Bajo	955756.08-1579320.67
Nueva Granada	Corregimiento Los Andes	968936.13-1551278.22

Cada estación está dotada con un datalogger, sensor inteligente de presión barométrica (S-bpb-cm50), sensor inteligente de radiación solar (Piranómetro de silicio - S-lib-m003), sensor inteligente de temperatura/humedad de 12-bit (S-thb-m002), sensor Davis de velocidad del viento y dirección Smart sensor (S-wcf-m003) y un sensor Davis 0.2mm pluviómetro Smart sensor (S-rgf-m002) [8].

De igual forma, cada estación cuenta con un sistema de adquisición de datos, sistema eléctrico autónomo con panel solar y gabinete para resguardo de los equipos. Todos los valores adquiridos son transmitidos vía GPRS. Para esto, se contrató un plan de datos con un operador que garantiza la

disponibilidad del recurso a través de las redes de Tigo, Claro y Movistar.

En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques del sistema implementado para las estaciones de monitoreo. Para cada variable medida se muestran las referencias de los sensores utilizados.

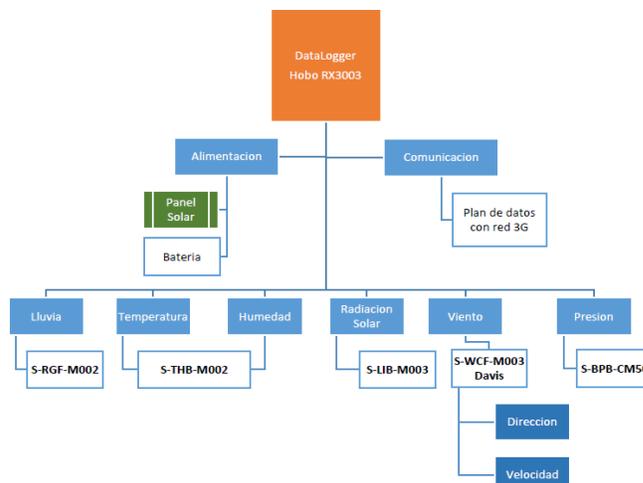


Fig. 1 Diagrama de funcionamiento de cada estación meteorológica.

La distribución de los sensores se realizó de acuerdo a los requerimientos nacionales proporcionados por el IDEAM, ubicando el sensor de velocidad y dirección del viento en el extremo superior de la torre, debidamente orientado en la dirección marcada por el sensor o por el método de recomendado por el fabricante. Para este propósito, se utilizó una brújula de precisión en conjunto con un GPS.

A la fecha, los datos de todas las variables medidas son visualizados a través de la plataforma HOBOLink, como se puede apreciar en la interfaz de la Figura 2.

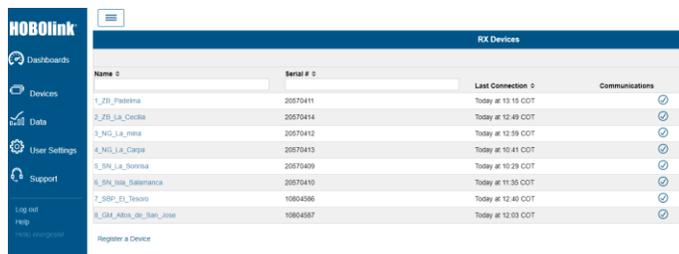


Fig. 2 Plataforma HOBOLink con las 8 estaciones instaladas.

Adicionalmente, se está desarrollando un sistema de información en el que además de mostrar la información de las estaciones meteorológicas, se visualizará la información de las estaciones de medición de CO₂ y del componente de arquitectura bioclimática, los cuales hacen parte del proyecto general de Cambio Climático en el que se enmarca este trabajo (Ver Figura 3). Este sistema está en fase de construcción y también incorporará un Geovisor que servirá de soporte para la toma de decisiones en los proyectos de la región.



Fig. 3 Estructura general del sistema de información (en construcción).

III. RESULTADOS

Con el fin de mostrar la estructura y características de los resultados obtenidos a la fecha con las 8 estaciones meteorológicas instaladas, se presentarán los datos obtenidos con la estación instalada en la Zona Bananera, en el corregimiento de Tucurínca (Ver Figura 4) y con la estación de Nueva Granada, corregimiento el Bajo (Ver Figura 5).

El tipo de instalación y la estructura de la información para las 6 estaciones restantes, tienen la misma relación que los presentados para las estaciones seleccionadas.



Fig. 4 Estación meteorológica instalada en la Zona Bananera (Corregimiento de Tucurínca).



Fig. 5 Estación meteorológica Nueva Granada (Corregimiento el Bajo).

En la Figura 6 se pueden ver los resultados obtenidos para la radiación solar (W/m^2), temperatura ($^{\circ}C$) y humedad relativa (%), para una semana de operación comprendida entre el 25 de febrero y el 02 de marzo de 2020 en la Zona Bananera. Para la radiación solar se muestra que el máximo valor es de $708 W/m^2$, mientras que el mayor valor reportado para la temperatura es de $35.8^{\circ}C$. Estos valores indican la posibilidad de buen potencial solar en esta zona.

Además, los valores de la humedad relativa oscilan entre el 45 y el 95%. Los valores más altos se presentan en los horarios nocturnos para esta variable.

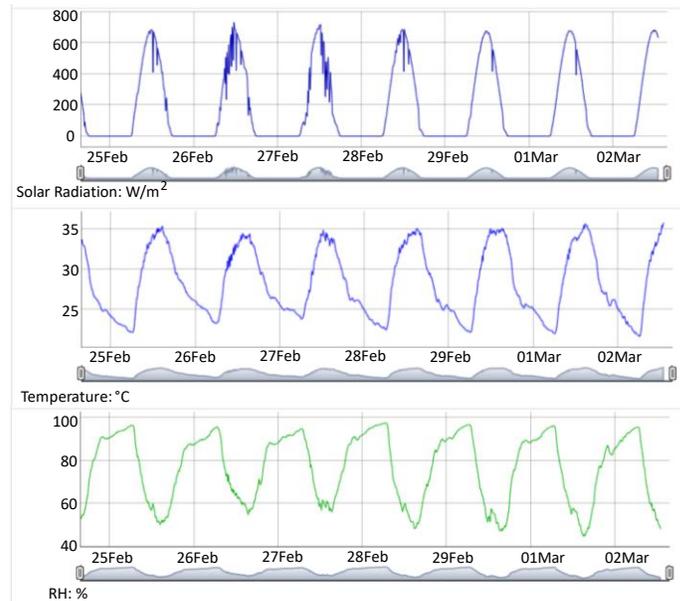


Fig. 6 Radiación solar, temperatura y humedad relativa: Estación Zona Bananera Tucurínca.

En la Figura 7 se muestran los datos obtenidos para la velocidad (m/s) y dirección del viento, así como para la precipitación (mm) en el mismo periodo de tiempo mostrado de una semana. El máximo valor obtenido para la velocidad del viento es de 2.7 m/s, mientras que en el periodo reportado no se muestran precipitaciones.

Por otra parte, los resultados para la estación Nueva Granada difieren en algunas variables respecto a los datos mostrados para la anterior estación en el mismo periodo de tiempo. En la Figura 8 se muestran los datos obtenidos para la radiación, temperatura y humedad.

En este caso se observa un mayor recurso solar con valores de radiación de hasta $1100 W/m^2$ y registros de temperatura cercanos a los $40^{\circ}C$. Además, se puede observar que las curvas siguen el mismo patrón reportado en el caso anterior. La humedad relativa es un poco más baja y oscila entre el 30 y el 90 %.

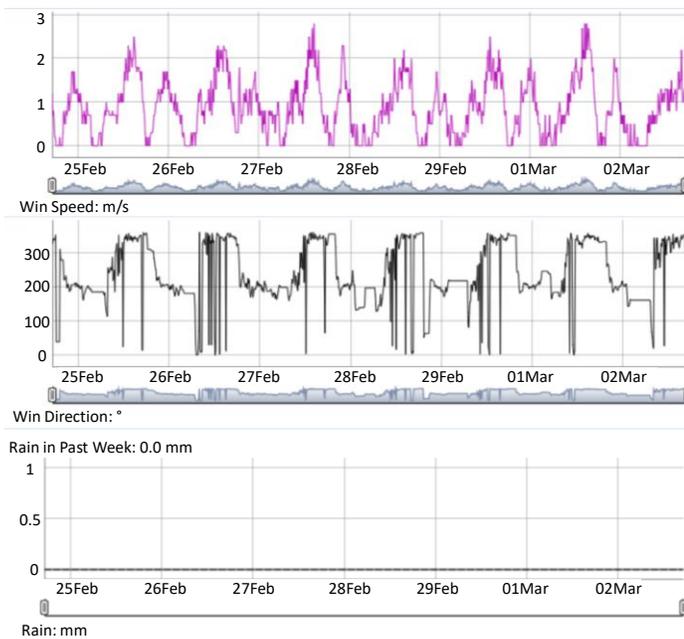


Fig. 7 Velocidad y dirección del viento, precipitación: Estación Zona Bananera Tucurínca.

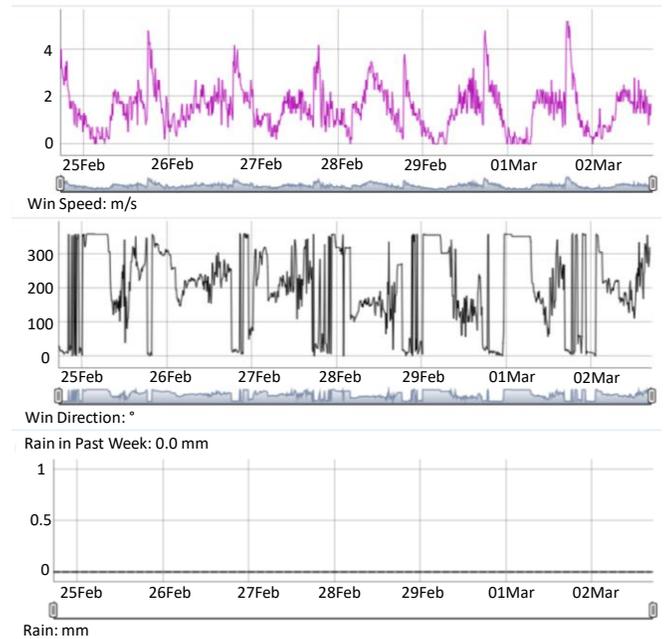


Fig. 9 Velocidad y dirección del viento, precipitación: Nueva Granada (Corregimiento el Bajo).

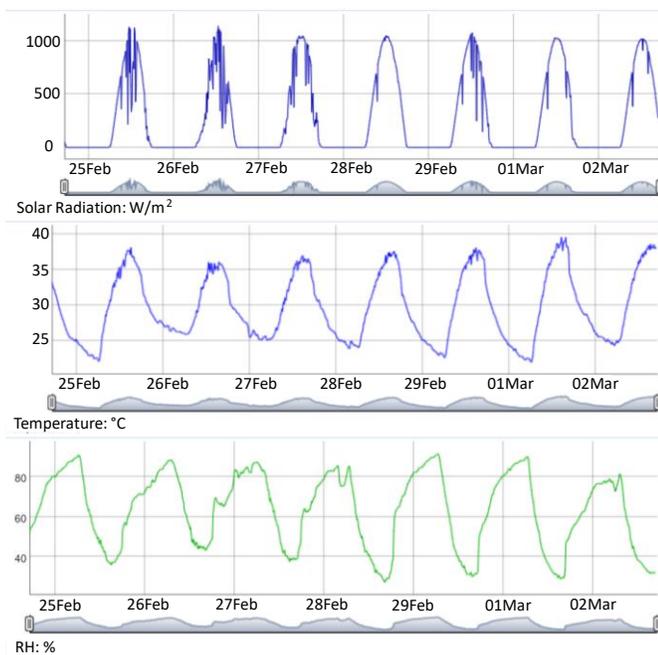


Fig. 8 Radiación solar, temperatura y humedad relativa: Nueva Granada (Corregimiento el Bajo).

En la Figura 9 se muestran los resultados para la velocidad y dirección del viento, en los que también se observa un mayor potencial eólico que en el caso anterior, debido a que se presentan velocidades del viento de hasta 5 m/s. También hay cero precipitaciones reportadas para el periodo de tiempo mostrado.

IV. CONCLUSIONES

Se presentaron los avances de la implementación de un sistema de monitoreo de las condiciones climáticas del departamento del Magdalena. Los resultados obtenidos hasta el momento reflejan el buen desempeño de las 8 estaciones meteorológicas instaladas, las cuales se pueden monitorear de forma remota a través de la plataforma HOBOLink. Esta etapa de la investigación finalizará con la instalación de las 4 estaciones faltantes, el diseño de modelos de predicción para el pronóstico de tiempo y clima y la validación de los datos obtenidos.

En un trabajo futuro el grupo de investigación se enfocará en el diseño de lineamientos técnicos para la gestión de la información y el conocimiento ambiental en ocho municipios del Departamento del Magdalena.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Gobernación del Magdalena, Universidad de la Costa y Universidad del Magdalena por el apoyo en la ejecución del presente proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. “Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Departamento de Magdalena”, 2015. https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion_al_territorio/Magdalena_pag_ind.pdf
- [2] J.D. Pabón Caicedo. “Cambio climático en Colombia: tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI.” *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 36, no. 139, pp. 261-278, 2012.

- [3] J.F. Ruiz. “Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (Panorama 2011-2100)”, IDEAM. 2010.
- [4] Ambiente Y Desarrollo Sostenible. “Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM”. 2019. <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Cat-logo-Nacional-de-Estaciones-del-IDEAM/hp9r-jxuu>
- [5] A. Franco-Herrera, C. A. Torres, A. Sanjuán, L. M. García, S. Ramírez, and D. A. López. “Variabilidad oceanográfica en la zona costera del departamento del Magdalena, Caribe colombiano: un sistema de alto valor trófico.” 5 Presentación 11 Impacto de la contaminación sobre la fauna en el Caribe colombiano (2011).
- [6] C. Arango, J. Dorado, D. Guzmán, and J. Ruiz. “Cambio Climático más probable para Colombia a lo largo del siglo XXI respecto al clima presente.” Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático, Subdirección de Meteorología, IDEAM, 2012.
- [7] M.P. Wachowiak, D.F. Walters, J.M. Kovacs, R. Wachowiak-Smolíková, A.L. James. “Visual analytics and remote sensing imagery to support community-based research for precision agriculture in emerging areas”. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 143, pp. 149-164, December 2017.
- [8] P. Muñoz, R. Céleri, J. Feyen. “Effect of the resolution of tipping-bucket rain gauge and calculation method on rainfall intensities in an andean mountain gradient”. *Water*, vol. 8, no. 11, 534, November 2016.

<p>Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI). ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).</p>
--