



SELECCIÓN DE SENSORES PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS ATMOSFÉRICOS UTILIZANDO LA PLATAFORMA DE HARDWARE LIBRE ARDUINO

¹Noriel M. Correa G., ¹Marciano Santamaria L., ¹Sergio Guerra, ¹José E. Moreno & ²Yarién E. Moreno

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares, Departamento de Física, Panamá, Panamá

² Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería
e-mail: noriel.correa@up.ac.pa

RESUMEN

El Cambio Climático desempeña un papel crucial en la calidad de vida y el desarrollo de las actividades humanas. Esto significa que la adquisición de parámetros meteorológicos es importante para conocer los efectos que tienen sobre las personas. Se ha realizado un estudio para la selección de los sensores con mayor precisión y mejor correlación con respecto a la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 ubicada en el Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá; los mismos serán utilizados en la adquisición de datos de un sistema diseñado para estudiar la estructura vertical de la Atmósfera en algún lugar de la geografía de nuestro país, que aún está por determinarse. Estos sensores fueron utilizados con la ayuda de la plataforma de hardware libre Arduino. Los parámetros atmosféricos estudiados en esta investigación fueron: temperatura, humedad relativa y presión. Los sensores más adecuados, de acuerdo al parámetro medido, fueron: SHT15 para la temperatura ambiente y la humedad relativa y MS580312BA para la presión atmosférica.

PALABRAS CLAVES

Clima, temperatura, humedad relativa, estación meteorológica, Arduino.

SELECTION OF SENSORS FOR ATMOSPHERIC DATA ACQUISITION USING THE ARDUINO FREE HARDWARE PLATFORM

ABSTRACT

Climate Change plays a crucial role in the quality of life and the development of human activities. This means that the acquisition of meteorological parameters is important in order to know the effects they have on people. A study was carried out to select the sensors with greater accuracy and better correlation with respect to the Davis Vantage Pro 2 meteorological station located in the Laboratory of Atmospheric Physics of the University of Panama; the same will be used in the acquisition of data of a system designed to study the vertical structure of the Atmosphere somewhere in the geography of our country, which is yet to be determined. These sensors were used with the help of the free hardware platform Arduino. The studied atmospheric parameters studied in this research were: temperature, relative humidity and pressure. The most suitable sensors, according to the parameter measured, were: SHT15 for ambient temperature and relative humidity and MS580312BA for atmospheric pressure.

KEYWORDS

Climate, temperature, relative humidity, weather station, Arduino.

INTRODUCCIÓN

El monitoreo ambiental comprende los procesos, acciones y métodos de recolección de datos utilizados para observar el estado del medio ambiente que nos rodea (A. Ghobakhlou, 2011). La ciencia encargada del estudio de dichos parámetros es la meteorología. Las variables que usualmente son objetos de estudios por esta ciencia son la temperatura ambiental, la humedad relativa, la presión atmosférica y la rapidez y dirección del viento (Holton, 2004). En los últimos años los métodos y técnicas utilizadas para la observación y medición de estos parámetros ha ido incrementando y se ha hecho más compleja (Russell, 2012).

Los sistemas de medición básicos, incluyen típicamente una variedad de sensores para la adquisición de datos de los diversos parámetros atmosféricos como: Temperatura del aire, presión atmosférica, humedad relativa, rapidez del viento, dirección del viento y

precipitación durante un periodo de tiempo (Burt, 2012).

El sistema propuesto en este estudio, utiliza sensores de bajo costo y la plataforma de hardware libre Arduino como la interfaz encargada de unir los sensores de captura de información con el sistema de almacenamiento de datos (datalogger).

1.1. La Plataforma de Hardware Libre

En este estudio se medirán, en tiempo real, los parámetros de temperatura del aire, presión atmosférica y humedad relativa.

1.1.1. **Arduino Uno.** El Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se podrán utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio (Fig. 1). Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar. (Arduino, 2016).

1.1.2. **Wifi-Shield.** Permite a una placa Arduino conectarse a Internet a través de la especificación inalámbrica 802.11 (Wi-Fi). Se basa en el Sistema de 802.11b/g. Esto mantiene la disposición de los pines intacta y permite que otro escudo pueda ser apilado en la parte superior (Fig. 2). Permite conectarse a redes inalámbricas que operan de acuerdo con las especificaciones 802.11b y 802.11g. Tiene una ranura para tarjetas micro-SD a bordo, que se puede utilizar para almacenar archivos y servir a través de la red. Es compatible con el Arduino Uno y Arduino Mega. El lector de tarjetas microSD a bordo es accesible a través de la biblioteca SD. (Arduino, 2016).



Fig. 1 Arduino Uno. Fuente: (Arduino, 2016)

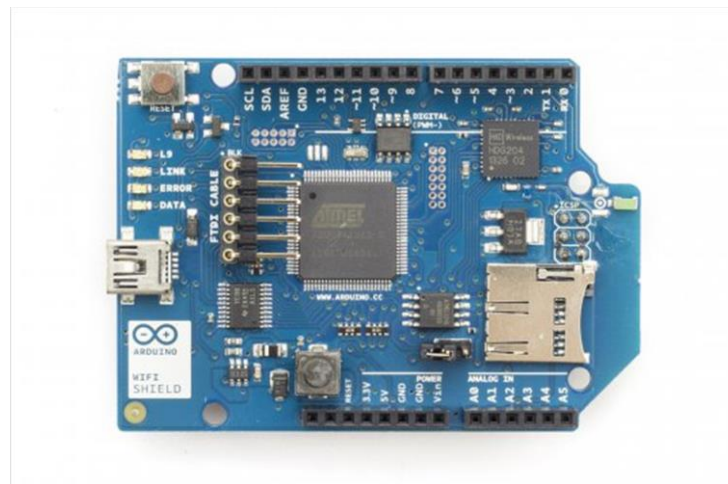


Fig. 2 Wifi-Shield de Arduino. Fuente (Arduino, 2016)

1.2. Los sensores

1.2.1. **MS5803-14BA.** Es una nueva generación de sensores de presión de alta resolución con interfaz de bus I2C (del inglés, Inter-Integrated Circuit) y SPI (del inglés, Serial Peripheral Interface). El módulo del sensor incluye un sensor de presión lineal de alta y una ultra baja potencia de 24 bits ADC con coeficientes internos calibrados de fábrica. Proporciona unos valores digitales de 24 bits de precisión en la presión y la temperatura y diferentes modos de funcionamiento que permiten al usuario optimizar la rapidez de la conversión y el consumo actual. La salida de temperatura de alta resolución permite la implementación de un sistema de medición de profundidad sin necesidad de otro sensor adicional. El MS5803-14BA se puede conectar a cualquier microcontrolador. (SparkFun, 2016).

El protocolo de comunicación es simple, sin la necesidad de la programación de los registros internos en el dispositivo (Fig. 3). La protección del gel y la tapa de acero inoxidable anti-magnético protege contra 30 bar de sobre- presión de resistencia de agua. Esta nueva generación de módulos de sensor se basa en tecnología de MEMS (del inglés Micro Electro Mechanical Systems). Este principio de detección empleado conduce a muy baja histéresis y una alta estabilidad de la presión y la señal de temperatura. (Specialties, 2012).



Fig. 3 Sensor de presión MS5803-14BA. Fuente: (SparkFun, 2016)

1.2.2. **HIH6130**. Es un sensor de humedad relativa del tipo de salida digital (HR) y el sensor de temperatura combinada en el mismo paquete (Fig. 4). Esto permite la medición de humedad relativa a temperatura compensada y proporciona una segunda salida del sensor de temperatura, independiente. La comunicación se logra fácilmente a través de I2C. (Sparkfun, 2016).



Fig. 4 Sensor de humedad HIH6130. Fuente: (Sparkfun, 2016)

1.2.3. **SHT15**: Es una herramienta fácil de usar, de alta precisión, temperatura digital y sensor de humedad. Esta placa ha sido totalmente calibrada y ofrece una excelente estabilidad a largo plazo y a un bajo costo.

Los dos sensores incorporados en el SHT15 (Fig. 5) han sido perfectamente acoplados a un convertidor análogo-digital de 14 bits y un circuito de interfaz en serie que resulta en una calidad de señal superior, tiempo de respuesta corto, y una fuerte resistencia a las perturbaciones externas. Dispone de un rango de medición de humedad relativa que va del 0 % a 100 % con una precisión de temperatura de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ a 25°C . (SparFun, 2016).

En este artículo presentamos los resultados de las mediciones experimentales, obtenidas por un sistema portátil de bajo costo, empleando sensores para el monitoreo de parámetros atmosféricos y la plataforma de hardware libre Arduino.



Fig. 5 Sensor de humedad SHT15. Fuente: (SparFun, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la medición de los parámetros atmosféricos al nivel del mar (al nivel de tierra), se utilizó la plataforma de hardware libre Arduino, integrada a distintos módulos de sensores para la medición de la temperatura del aire, la presión atmosférica y la humedad relativa. Para validar el funcionamiento y operación de los sensores utilizados, el sistema propuesto se instaló próximo a una estación meteorológica.

El sistema integra todos los sensores en una misma placa Arduino. (Fig. 6). Los sensores HIH6130 (Honeywell, 2011), MS5803-14BA (Specialties, 2012) y el SHT15 (Sensirion, 2008) utilizan la comunicación I2C, lo que permite conectarlos en una misma línea de SCL(del inglés, Serial Clock) y SDA(del inglés, Serial Data).

El sistema fue diseñado de tal manera que envíe los datos de forma inalámbrica a un servidor web, y utilizando para ello una placa Wifi-Shield de Arduino (Fig. 2), que incorpora una ranura para memoria micro-SD, que permitirá almacenar los datos. La Fig. 7 muestra el diagrama del hardware propuesto.

El microcontrolador fue programado para enviar la información a la micro-SD y al servidor web cada dos minutos. Una vez en el servidor, se puede acceder a los mismos, utilizando una computadora o smartphone con conexión a Internet (Fig. 8).

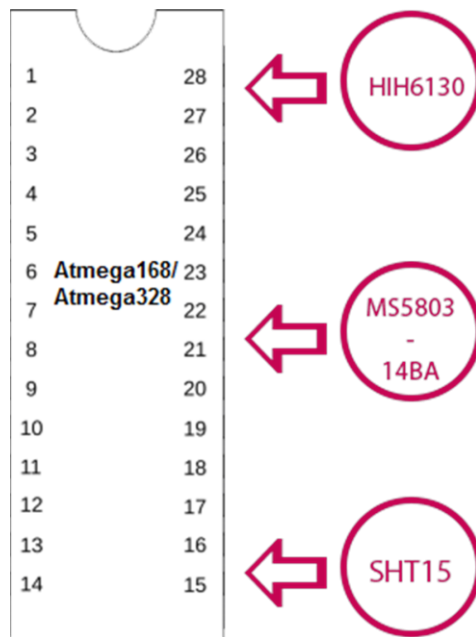


Fig. 6 Diagrama esquemático del sistema desarrollado para el estudio

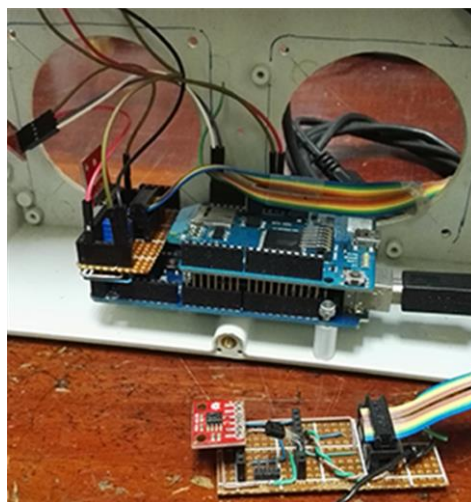


Fig. 7 Hardware propuesto para el desarrollado del estudio.

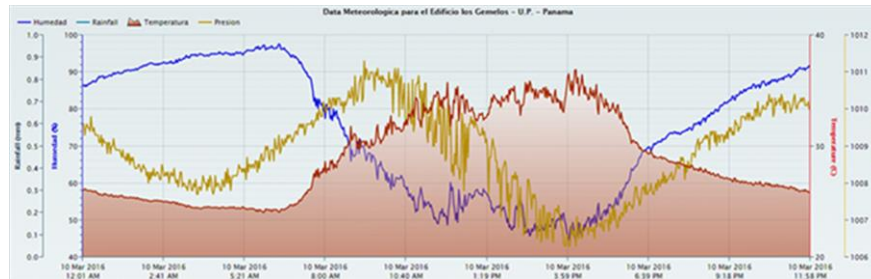


Fig. 8 Muestra de la información que se obtiene del sistema diseñado data en línea.

Para realizar la selección de los sensores se tomaron los resultados experimentales del sistema propuesto y se correlacionaron con los datos obtenidos de la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 del Laboratorio de Física de la Atmósfera, Universidad de Panamá.

Se utilizó estadística descriptiva, a través de la correlación de Spearman para comportamientos no lineales, lo que permitió determinar los coeficientes de correlación (Badii, 2014).

El funcionamiento y operación del sistema propuesto, de manera ininterrumpida e independiente de la red de energía tradicional, se logró implementando un sistema de abastecimiento de energía fotovoltaico (panel solar de 100 W, controlador de carga solar, batería de carga profunda y un regulador de voltaje).

RESULTADOS

Una vez obtenidos los datos atmosféricos, para el mes de marzo de 2016, se procedió a obtener los coeficientes de correlación existentes entre los datos de los sensores que se están evaluando y los proporcionados por la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 del Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá.

Dichos coeficientes, de Spearman, se presentan a continuación.

1.1. **Temperatura Ambiente** La información utilizada para realizar la correlación de Spearman se llevó a cabo utilizando la estación Davis Vantage Pro 2 y los sensores HIH6130, MS5803-14BA y el SHT15, los cuales nos permitían medir la temperatura ambiente. A continuación, mostramos los resultados obtenidos en el Cuadro 1.

1.2. **Presión Atmosférica.** Para la medición de la presión atmosférica únicamente utilizamos un sensor debido a las referencias con las que se contaba en la literatura sobre los diferentes sensores y su confiabilidad. Los coeficientes de correlación de Spearman obtenidos para este sensor se muestran a continuación en el Cuadro 2.

1.3. **Humedad Relativa.** Al igual que con la medición de la temperatura ambiente, para la medición de la humedad relativa se utilizaron dos sensores, de los cuales se obtuvieron los coeficientes de correlación para la selección del sensor que utilizaremos para este tipo de medición. Los coeficientes para estos sensores se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 1 Coeficientes de correlación para los sensores que se utilizaron en la medición de la temperatura ambiente

Selección del sensor que será utilizado para la medición de la temperatura ambiente.			
Fecha	HIH6130	MS580312BA	SHT15
03/08/2016	0,9859	0,9453	0,9853
03/09/2016	0,9841	0,9792	0,9905
03/10/2016	0,9790	0,9747	0,9866
03/11/2016	0,9764	0,9670	0,9869
03/12/2016	0,9775	0,9563	0,9867
03/13/2016	0,9790	0,9826	0,9897
03/14/2016	0,9772	0,9762	0,9890
03/15/2016	0,9845	0,9803	0,9842

Cuadro 2(continuación)

Selección del sensor que será utilizado para la medición de la temperatura ambiente.			
Fecha	HIH6130	MS580312BA	SHT15
03/16/2016	0,9897	0,9841	0,9925
03/17/2016	0,9780	0,9703	0,9798
03/18/2016	0,9786	0,9611	0,9829
03/19/2016	0,9795	0,9749	0,9899
03/20/2016	0,9802	0,9720	0,9865
03/21/2016	0,9361	0,9406	0,9490
03/22/2016	0,9861	0,9765	0,9893
03/23/2016	0,9653	0,9689	0,9824

Cuadro 3 Coeficientes de correlación obtenidos para el sensor utilizado para la medición de la presión atmosférica

Selección del sensor utilizado para la medición de la Presión Atmosférica	
Fecha	MS580312BA
03/08/2016	0,9548
03/09/2016	0,9212
03/10/2016	0,9447
03/11/2016	0,9560
03/12/2016	0,9684
03/13/2016	0,9282
03/14/2016	0,9516
03/15/2016	0,9367
03/16/2016	0,9198
03/17/2016	0,9323
03/18/2016	0,9632
03/19/2016	0,9725
03/20/2016	0,9630
03/21/2016	0,9148
03/22/2016	0,9320
03/23/2016	0,9312

Cuadro 4 Coeficientes de correlación obtenidos para los sensores utilizados en la medición de la humedad relativa

Selección del sensor utilizado para la medición de la Humedad Relativa		
Fecha	HIH6130	SHT15
03/08/2016	0,9517	0,9550
03/09/2016	0,9678	0,9710
03/10/2016	0,9655	0,9695
03/11/2016	0,9665	0,9736
03/12/2016	0,9761	0,9805
03/13/2016	0,9748	0,9857
03/14/2016	0,9776	0,9846
03/15/2016	0,9909	0,9901
03/16/2016	0,9891	0,9897
03/17/2016	0,9584	0,9610
03/18/2016	0,9634	0,9669
03/19/2016	0,9511	0,9597
03/20/2016	0,9147	0,9136
03/21/2016	0,9304	0,9341
03/22/2016	0,9829	0,9824
03/23/2016	0,9744	0,9875

DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de los datos del Cuadro 1, que presenta los resultados de los coeficientes de correlación para el comportamiento de las temperaturas registradas en las distintas fechas, podemos identificar que el sensor SHT15 posee un coeficiente de correlación mayor que los coeficientes obtenidos para los sensores HIH6130 y MS580312BA.

Dicho coeficiente tiene un valor muy próximo a 0,98 para los días estudiados. Este valor nos indica que, para el caso de la temperatura, este sensor reporta un comportamiento bastante parecido al reportado por la estación Davis Vantage Pro 2. Una muestra de las

comparaciones realizadas entre los diferentes sensores que midieron temperatura y la estación Davis Vantage Pro 2 se presenta en las Figs. 9–11.

Analizando el Cuadro 2 podemos decir que el sensor de presión utilizado presenta un alto coeficiente de correlación, alrededor de 0,95, lo cual nos indica que el mismo es adecuado para llevar a cabo las mediciones de la presión atmosférica.

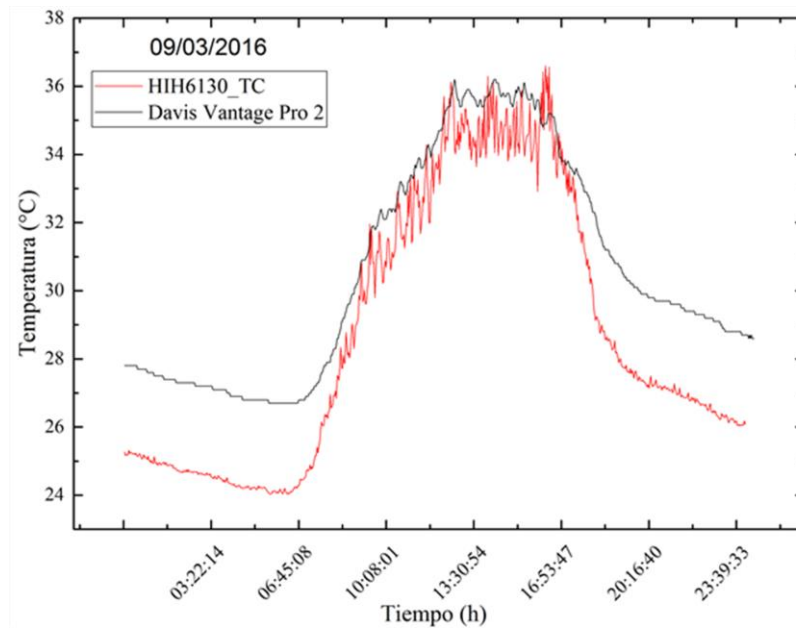


Fig. 9 Muestra de la comparación de temperaturas de los sensores HIH6130 y Davis Vantage Pro 2.

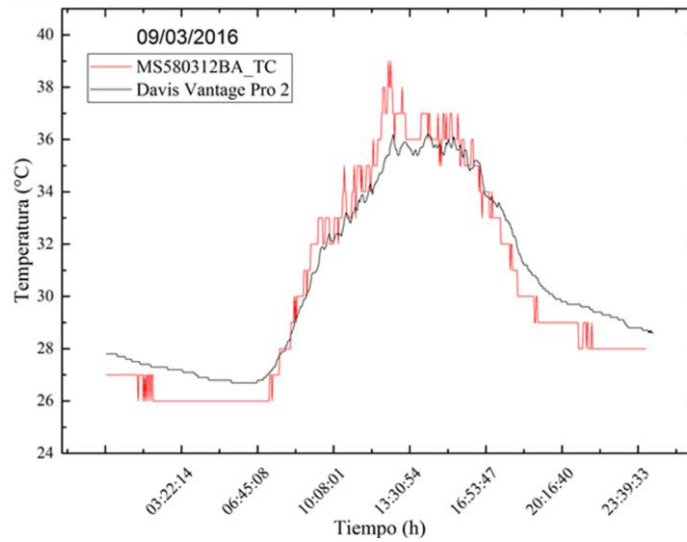


Fig. 10 Muestra de la comparación de temperaturas de los sensores MS580312BA y Davis Vantage Pro 2.

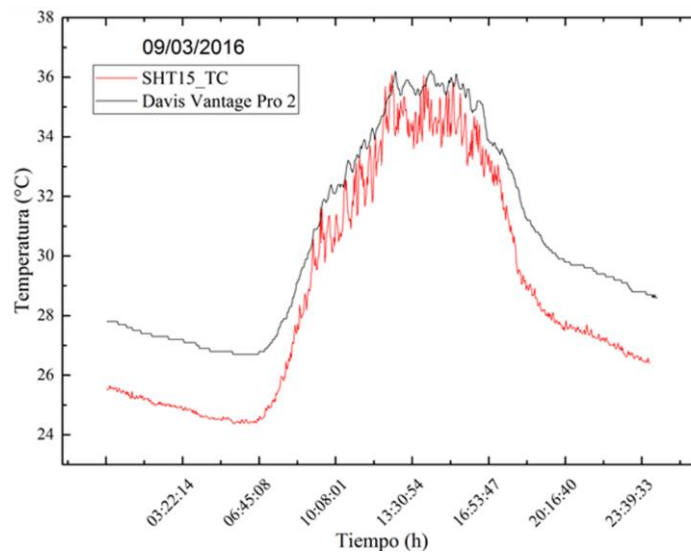


Fig. 11 Muestra de la comparación de temperaturas de los sensores SHT15 y Davis Vantage Pro 2.

Una muestra de las comparaciones realizadas entre los resultados del sensor MS580312BA y los resultados reportados por la estación Davis Vantage Pro 2 se presenta en la Fig. 12.

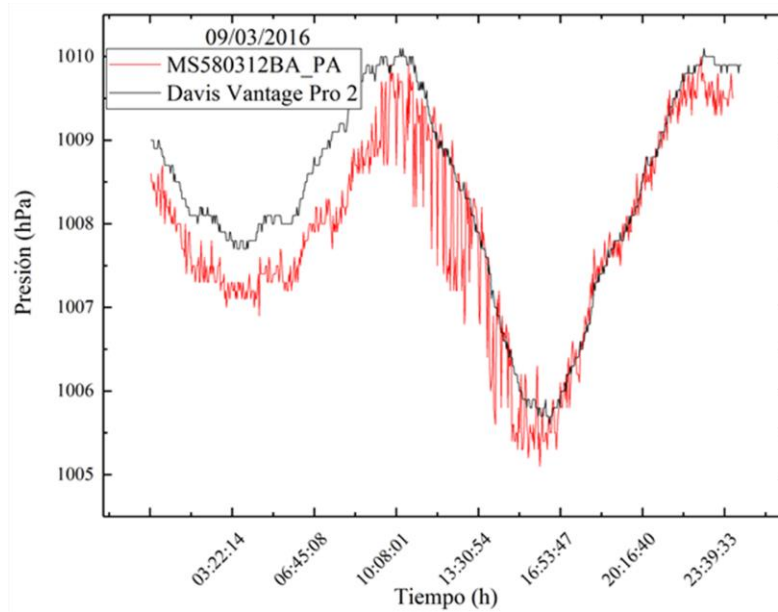


Fig. 12 Muestra de la comparación del sensor de presión MS58013BA y Davis Vantage Pro 2

Por último, fueron utilizados dos sensores para la medición de la humedad relativa. El Cuadro 3 muestra los coeficientes de correlación entre los diferentes sensores. Estos resultados sugieren que el sensor SHT15 es el que mejor se acopla a los valores obtenidos por el sensor de referencia con un coeficiente de correlación de aproximadamente 0,96, durante los días de muestreo.

Una muestra de las comparaciones realizadas entre los sensores que midieron la humedad relativa y los sensores de la estación Davis Vantage Pro 2 se presenta en las Figs. 13–14.

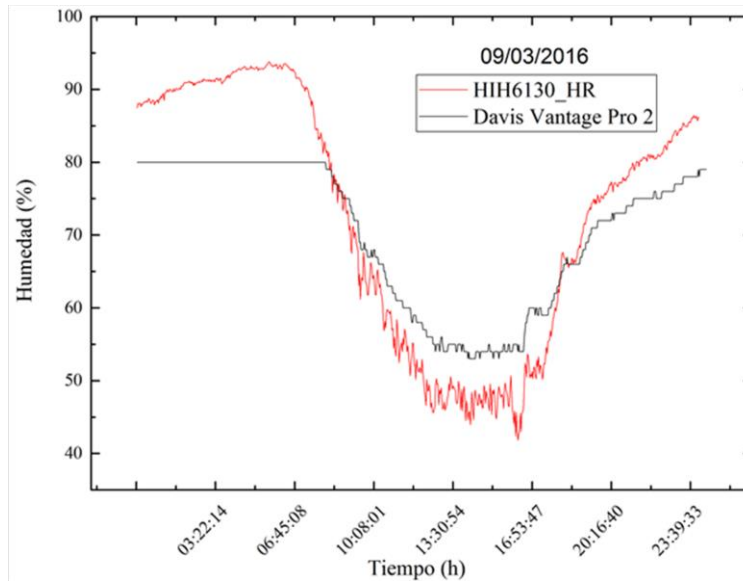


Fig. 13 Muestra de la comparación de la humedad relativa de los sensores SHT15 y Davis Vantage Pro 2.

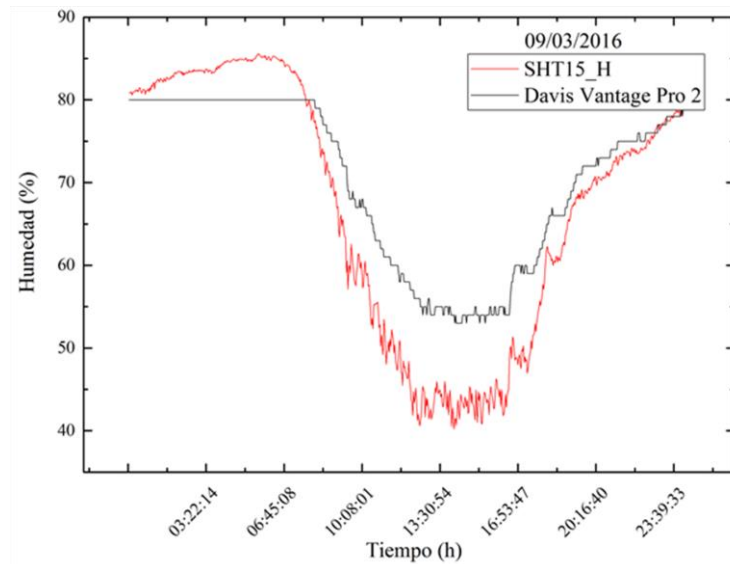


Fig. 14 Muestra de la comparación de la humedad relativa de los sensores SHT15 y Davis Vantage Pro 2.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de los coeficientes de correlación de Spearman entre los datos obtenidos con los sensores utilizados en este estudio y los obtenidos con la estación Davis Vantage Pro 2, podemos señalar que, de los sensores utilizados, los que presentan mayor grado de correlación para la medición de los diferentes parámetros atmosféricos son los siguientes:

Temperatura ambiente: SHT15; Presión atmosférica: MS580312BA; Humedad relativa: SHT15

La utilización de la plataforma Arduino para la adquisición de datos meteorológicos puede ser una alternativa económica y confiable que nos permite el estudio de los cambios climáticos de zonas rurales o ciudades debido a su bajo consumo energético y su portabilidad.

REFERENCIAS

A. Ghobakhlou, S. Z. a. P. S., 2011. *Development of Environmental Monitoring System with Wireless Sensor Networks*. Perth, Australia, s.n., pp. 1125-1131.

Ahrens, C. D., 2012. *Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere*. Belmont, CA: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Arduino, 2016. *Arduino - ArduinoBoardUno*. [En línea] Available at: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Arduino, 2016. *Arduino - ArduinoWiFiShield*. [En línea] Available at: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>

Badii, M. A. G. O. L. S. & J. A. G., 2014. Correlación No-Paramétrica y su Aplicación en la Investigaciones Científica. *International Journal of Good Conscience*, pp. 31-40.

Burt, S., 2012. *The Weather Observer's Handbook*. Cambridge: Cambridge University Press.

Holton, J. R., 2004. *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Burlington, MA: Elsevier Academic Press.

Honeywell, 2011. *Honeywell HumidIcon Digital Humidity/Temperature Sensors: HIH-6130/6131*, Golden Valley, MN: 009059-1-EN IL50 GLO .

Russell, D. H. B. a. D. J., 2012. *Monitoring-the-Climate--system-from-space---Grantham-BP-9.pdf*. [En línea] Available at: <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/grantham-institute/public/publications/briefing-papers/Monitoring-the-Climate--system-from-space---Grantham-BP-9.pdf>

Sensirion, 2008. *Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor*, Westlake Village, CA: s.n.

SparFun, 2016. *SparkFun Humidity and Temperature Sensor Breakout - SHT15 - SEN - 13683*. [En línea] Available at: <https://www.sparkfun.com/products/13683>

Sparkfun, 2016. *SparkFun Humidity and Temperature Sensor Breakout - HIH6130 - SEN 11295*. [En línea] Available at: <https://www.sparkfun.com/products/11295>

SparkFun, 2016. *SparkFun Pressure Sensor Breakout - MS5803-14BA - SEN 12909*. [En línea] Available at: <https://www.sparkfun.com/products/12909>

Specialties, M., 2012. *MS5803-14BA Miniature 14 bar Module*, Fremont, CA: s.n.

Tarback, F. K. L. • E. J., 2007. *The Atmosphere. An Introduction to Meteorology*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Recibido 20 de febrero del 2017, aceptado 21 de noviembre de 2017.