

Desarrollo y validación de un dispositivo para determinación de humedad en suelos agrícolas



Colaboración

José Rafael Argumedo Pereda, Darío Cisneros Arreola, Merit Cisneros González, Manuel Ismael Mata Escobedo, Ixchel Abby Ortiz Sánchez, Tecnológico Nacional de México / Valle del Guadiana

Fecha de recepción: 29 de noviembre de 2021

Fecha de aceptación: 28 de marzo del 2021

RESUMEN: Un factor de gran importancia económica en los sistemas agrícolas es el monitoreo de la humedad de los suelos con el fin de realizar una adecuada programación de los riegos. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un dispositivo para determinar la humedad de cuatro tipos de suelos agrícolas de dos comunidades del municipio del estado de Durango y realizar su comparación con dos dispositivos comerciales de tipo analógico (OEM[®] y Nahita[®]). Se tomaron 200 lecturas para cada dispositivo en los cuatro tipos de suelo realizando un riego de aniego previo a la toma de datos. Los resultados no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$) entre dispositivos mientras que los coeficientes de correlación mostraron valores de 0.97 y 0.94 entre los dispositivos OEM[®] y Nahita[®] respectivamente. Adicionalmente el prototipo al haber sido desarrollado para operar de manera digital originó que se obtuvieran valores más precisos que los de tipo analógico y así evitar posibles errores de medición debido al ángulo de observación del usuario.

PALABRAS CLAVE: Analógico, Digital, Dispositivo, Humedad, Suelo.

ABSTRACT: A factor of great economic importance in agricultural systems is the monitoring of soil in order to carry out an adequate irrigation scheduling. The objective of this work is to design a device to determine the moisture of four types of agricultural soils in two communities of the municipality of the state of Durango and to compare it with two commercial analog devices (OEM[®] and Nahita[®]). Two hundred readings were taken for each device in the four types of soil, with irrigation prior to data collection. The results showed no statistical difference ($P > 0.05$) between devices while the correlation coefficients showed values of 0.97 and 0.94 between the OEM[®] and Nahita[®] devices, respectively.

Additionally, since the prototype was developed to operate digitally, more precise values were obtained than those of the analog type, thus avoiding possible measurement errors due to the user's angle of observation.

KEYWORDS: Moisture, Device, Soil, Digital, Analogic.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad que cada vez demanda el mayor uso de la tecnología para incrementar la eficiencia en sus diferentes sistemas productivos. Esta tecnología, aunque existe en el mercado generalmente no se encuentra disponible para la mayoría del sector productivo debido a sus elevados costos.

Un factor determinante dentro de los procesos productivos agrícolas es el contenido de humedad de los suelos los que deben tener el contenido de humedad suficiente para el buen desarrollo de las plantas. Este parámetro toma alta relevancia debido a que al ser el agua un elemento poco disponible en la mayoría de los sectores agrícolas se requiere

del uso de dispositivos que permitan realizar un monitoreo continuo de la humedad en los suelos para aplicar de manera oportuna el riego para el cultivo.

A nivel nacional existe una gran deficiencia en el manejo del agua de riego lo cual se debe a una mala infraestructura hidráulica, principalmente en el área de conducción al predominar el riego de gravedad en un 74.9% y de este el 63.59% opera en canales de tierra [1]; esta disponibilidad de agua depende principalmente de la precipitación pluvial la cual es demasiado variable en el caso particular del estado de Durango (Figura 1).

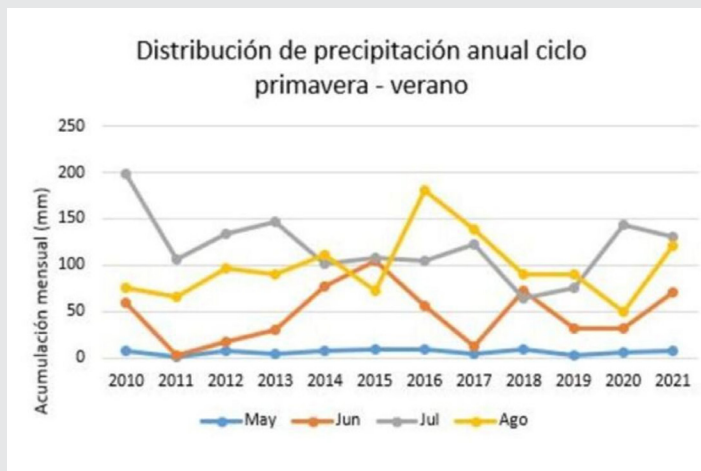


Figura 1. Históricos de precipitación pluvial perteneciente al ciclo primavera-verano en estado de Durango [2].

La falta de humedad en el suelo afecta negativamente al cultivo y, por lo tanto, a su rendimiento; el abastecimiento inadecuado y la pésima programación del riego en los cultivos hacen al agua cada vez más escasa [3], por lo que, una mejor evaluación de las necesidades hídricas de los cultivos permitirá la gestión adecuada del riego y la conservación del agua para la agricultura.

Por ello la generación de nuevos métodos para la administración y cuidado del vital recurso es cada día más necesaria [4].

A partir del año 2000 se ha dado un gran impulso al desarrollo de diversos dispositivos con aplicaciones en el sector agrícola; por ese motivo se han desarrollado sensores inalámbricos tipo red para la AP donde la información se presenta en tiempo real de las condiciones climatológicas y ambientales. En estos dispositivos los sensores se eligen según las propiedades adecuadas para cultivos más comunes y se contemplan cuatro atributos en el suelo: humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica [5].

El uso de dispositivos remotos y manuales en la agricultura, se ha estado implementando para ofre-

cer datos reales a los productores sobre el estado de sus cultivos [6]. La obtención de información de plantas y cultivos sin tener contacto directo hace que su aplicación sea tentadora, ya que es un método no dañino y de bajo costo; la efectividad de la teledetección va de la mano con la capacidad fisiológica de las plantas [7].

Asimismo, el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se han empezado a utilizar e implementar en todo el ciclo de vida del cultivo, las TIC son importantes al momento de definir sistemas basados en AP, capaces de incrementar el rendimiento del cultivo y optimizar el uso de recursos económicos como fertilizantes, agua y pesticidas, entre otras funciones [8].

Para lograrlo se requieren técnicas, herramientas apropiadas y económicas como sensores de resistencia-tensión del potencial hídrico del suelo, facilidad de instalación y exactitud de medición del potencial mátrico en la retención del agua del suelo, todo lo anterior con la finalidad de incrementar la productividad de sector agrícola [9].

El objetivo del trabajo consistió en desarrollar un dispositivo que permitiera determinar la humedad en los suelos agrícolas y realizar su validación con dos dispositivos comerciales tomando como referencia cuatro tipos de suelos de dos comunidades rurales del municipio de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de las comunidades.

Se utilizaron como áreas de estudio los suelos agrícolas de las comunidades de Felipe Ángeles y Praxedis Guerrero perteneciente a la Asociación de Usuarios de Riego de la presa Santiago Bayacora del Municipio de Durango, el clima es de tipo seco con temperatura media anual de 17 °C, la precipitación media anual es de 500 mm [10].

Con base en recorridos de campo por las parcelas se realizó una inspección ocular para determinar una posible variación de los suelos, principalmente debido a su coloración; se establecieron cuatro sitios tomando de cada uno de ellos tres muestreos utilizando la técnica del zig-zag [11] a una profundidad de 30 cm. Se determinaron las propiedades físicas y químicas mediante el la NOM-021-SEMAR-NAT-2000 [12].

Dispositivos comerciales.

Se adquirieron dos dispositivos comerciales, de tipo analógico (OEM®, y Nahita®), ambos se utilizaron como referencia tanto en su diseño como en su funcionamiento (Figura 2).



Figura 2. Dispositivos comerciales adquiridos para validación del prototipo. De izquierda a derecha: OEM°, Nahita ° ambos de tipo analógico.

Diseño del dispositivo.

El sistema completo consta de dos módulos, en el primero se encuentran alojados sus componentes electrónicos, un microcontrolador Arduino Mega®, pantalla de visualización tipo OLED, una alarma visual empleando un LED de tipo RGB y sonda de trabajo de tipo industrial (Figura 3), mientras que la segunda parte está únicamente destinada a ser la batería del dispositivo, la cual es recargable y tiene un almacenamiento de 10,000 mA, suficientemente potente para dar una autonomía de más de 5 horas de trabajo ininterrumpido (Figura 4), ambos módulos hechos bajo impresora 3D.

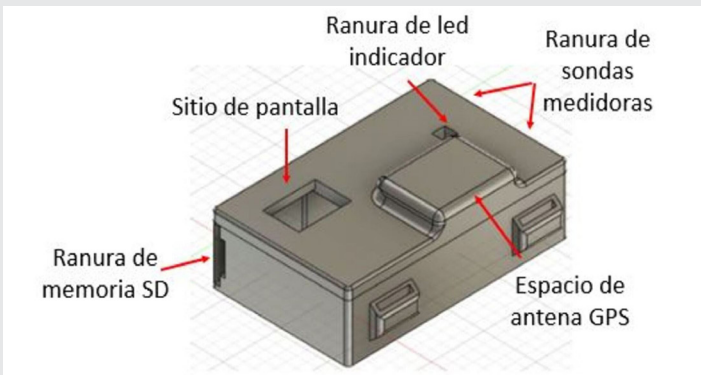


Figura 3. Módulo uno para componentes principales.

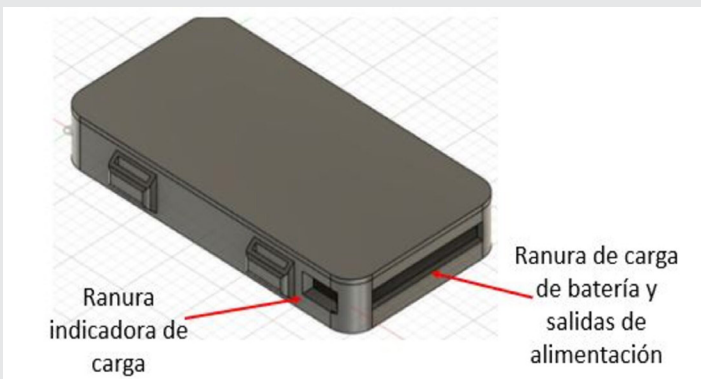


Figura 4. Módulo dos para batería recargable.

Con el fin de facilitar su operación en las parcelas agrícolas se le adicionó un mecanismo de sujeción para el antebrazo del operador, el cual fue diseñado con ayuda de impresora 3D colocando a los costados de cada módulo una especie de ojal mientras que se utilizó como medio de sujeción correas autoadheribles de 1.5 cm de anchura, las cuales dan firmeza y permiten la respiración adecuada del brazo del usuario sin lastimarlo (Figura 5).

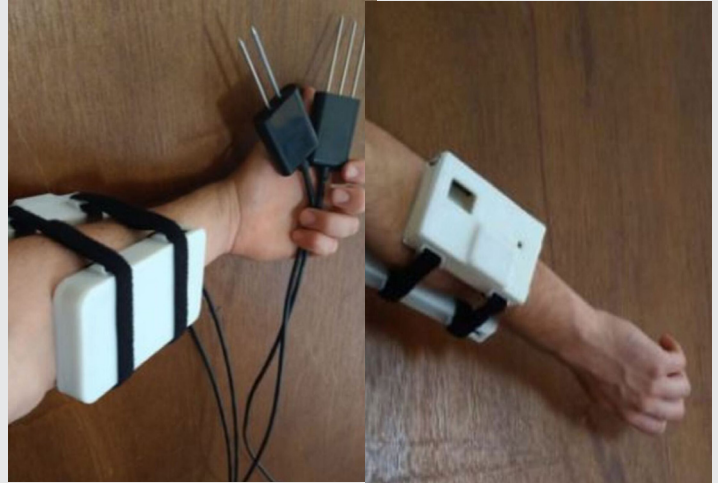


Figura 5. Dispositivo físico colocado en el brazo.

Fase de validación

La validación del dispositivo se realizó mediante la medición de humedad del suelo con el dispositivo desarrollado. Las mediciones se realizaron en las diferentes texturas de los suelos encontrados en las comunidades: franco-arcillo-arenoso, arcilloso, franco arcilloso y arcilloso. Para la toma de lecturas, las sondas de los dispositivos fueron introducidas a 8 cm de profundidad durante el desarrollo del experimento.

Los suelos fueron considerados como tratamientos y colocados en macetas plásticas de las siguientes dimensiones: 40 cm de largo x 25 cm de ancho y 45 cm de profundidad, cada tipo de suelo se tomó como un tratamiento con cinco repeticiones considerando el % de humedad del suelo como variable. Posteriormente se realizó un riego de aniego hasta una saturación total de los suelos en estudio. Se realizaron lecturas con una periodicidad de dos días entre el dispositivo propuesto como de los dispositivos comerciales.

Análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey; el paquete estadístico que se utilizó para analizar los datos fue InfoStat. Los tratamientos fueron distribuidos de manera aleatoria bajo la siguiente manera (Figura 6).

L2	L3	L3	L1	L2	L3	L1	L4	L4	L3
L1	L4	L4	L2	L1	L4	L3	L2	L2	L1
I		II		III		IV		V	

Figura 6. Distribución de los tratamientos.

Donde: L1: Franco-arcillo arenoso, L2: Arcilloso, L3: Franco arcilloso y L4: Arcilloso

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 600 lecturas realizadas en los tres dispositivos, en el análisis de la varianza no se observó diferencia estadística ($P > 0.05$) entre ellos (Figura 7). Se obtuvo alta correlación entre los valores de humedad obtenidos de entre el dispositivo desarrollado y los comerciales OEM[®], y Nahita[®]) ($r = 0.97$ y $r = 0.94$, respectivamente).

Respecto a las diferencias estructurales observadas durante el proceso de validación, el prototipo mostró ventajas en relación al tamaño y resistencia de las sondas debido a que al estar diseñada de acero inoxidable mostró mayor resistencia al momento de su introducción al suelo, menor grado de desgaste y una gran tolerancia al proceso de corrosión respecto a los demás.

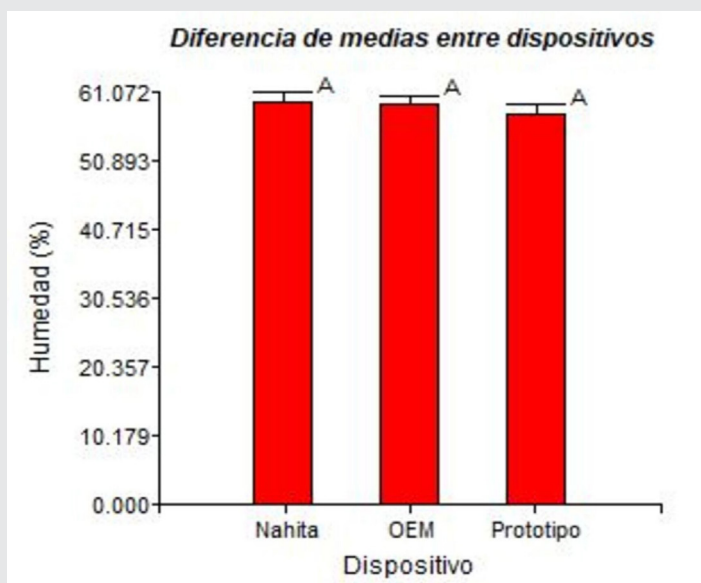


Figura 7. Lecturas promedio de humedad de suelo con paquete estadístico InfoStat.

Durante el proceso de la toma de datos, otra ventaja observada en el prototipo fue que, al haber sido desarrollado para operar de manera digital, originó que se obtuvieran valores más precisos, mientras que los demás al ser de tipo analógico existe el riesgo de obtener posibles errores de medición debido al ángulo de observación (Figura 8).

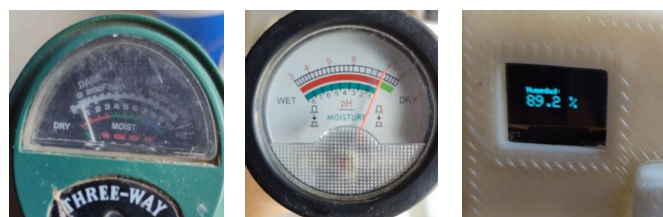


Figura 8. Pantallas de visualización de datos del dispositivo desarrollado, OEM[®] y Nahita[®] respectivamente.

Otra ventaja favorable del dispositivo fue el tiempo de respuesta al momento de la toma de datos al otorgar lecturas más rápidas al usuario; los promedios en segundos fueron los siguientes: Prototipo: 3, OEM[®]: 6 y Nahita[®]: 5 respectivamente.

Asimismo, al estar diseñada su estructura con materiales de uso industrial, el dispositivo puede soportar inmersiones totales en líquidos durante un largo tiempo sin tener daños por la calidad del encapsulado que es del tipo IP68, estas ventajas no se observaron en los otros dispositivos evaluados.

CONCLUSIONES

El dispositivo al ser de tipo digital, ofrece valores estabilizados que a diferencia de los de tipo analógico pudieran variar de acuerdo al ángulo y a la posición natural del observador. El dispositivo ofrece lecturas de 0 al 100% con 2 decimales, lo que evita errores de interpretación en las escalas que comúnmente se dan en los dispositivos que son analógicos.

Por la calidad de los materiales y de los sensores, se puede denominar como un dispositivo de uso rudo adecuado para su empleo en la agricultura.

BIBLIOGRAFÍA

[1] INEGI. (09 de 2019). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática - INEGI (Porcentaje de unidades de producción con superficie de riego por sistema de irrigación utilizado). Obtenido de Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática - INEGI (Porcentaje de unidades de producción con superficie de riego por sistema de irrigación utilizado), de la página electrónica, <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/#Tabulados>

[2] CONAGUA. (13 de 09 de 2021). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Obtenido de Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de la página electrónica, <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.

[3] Reyes González, A., Reta Sanchez, D., Sánchez Duarte, J., Ochoa Martínez, E., Rodríguez Hernández, K., & Preciado Rangel, P. (2019). Estimación de

