



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,  
Volumen 8, Número 1.

**DOI de la Revista:** [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1)

**APLICACIÓN WEB PARA EL MONITOREO DE  
CONVERSIÓN DE AGUA A MATERIA SECA  
PARA EL DESARROLLO EN DIFERENTES  
GENOTIPOS DE SOYA**

**WEB APPLICATION FOR MONITORING THE CONVERSION  
OF WATER TO DRY MATTER FOR DEVELOPMENT IN  
DIFFERENT SOYBEAN GENOTYPES**

**Ernestina Anguiano Bello**

Tecnológico Nacional de México, México

**Ulises López Estrada**

Tecnológico Nacional de México, México

**Humberto Hernández Hernández**

Tecnológico Nacional de México, México

**Sindyá Yadira Castillo Ortiz**

Tecnológico Nacional de México, México

**Javier Taboada Vázquez**

Tecnológico Nacional de México, México

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1.9988](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9988)

## Aplicación Web para el Monitoreo de Conversión de Agua a Materia Seca para el Desarrollo en Diferentes Genotipos de Soya

**Ernestina Anguiano Bello<sup>1</sup>**

[ernestina.anguiano@iguala.tecnm.mx](mailto:ernestina.anguiano@iguala.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2859-4595>

Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico de Iguala  
Iguala de la Independencia  
México

**Ulises López Estrada**

[ulises.lopez@iguala.tecnm.mx](mailto:ulises.lopez@iguala.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0002-5759-3890>

Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico de Iguala  
Iguala de la Independencia  
México

**Humberto Hernández Hernández**

[humberto.hernandez@csaegro.edu.mx](mailto:humberto.hernandez@csaegro.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-0882-1191>

Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico de Iguala  
Iguala de la Independencia  
México

**Sindya Yadira Castillo Ortiz**

[sindya.castillo@iguala.tecnm.mx](mailto:sindya.castillo@iguala.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0007-6065-6764>

Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico de Iguala  
Iguala de la Independencia  
México

**Javier Taboada Vázquez**

[javier.taboada@iguala.tecnm.mx](mailto:javier.taboada@iguala.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3183-0379>

Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico de Iguala  
Iguala de la Independencia  
México

### RESUMEN

El presente trabajo realiza la implementación de un sistema de riego por goteo utilizando sensores NPK, el cual es adecuado para medir la temperatura, humedad, conductividad, el PH del suelo, asimismo detecta el contenido de nitrógeno, fosforo y potasio en el suelo. Este sistema permitirá monitorear el uso adecuado del agua para aplicarlo en un cultivo de soya de cuatro genotipos basado en materia seca; con estos datos obtenidos de los sensores se mostrará en una aplicación web para estar analizando en tiempo real durante las pruebas de campo.

**Palabras claves:** soya, sensores, agua

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [ernestina.anguiano@iguala.tecnm.mx](mailto:ernestina.anguiano@iguala.tecnm.mx)

# Web Application for Monitoring the Conversion of Water to Dry Matter for Development in Different Soybean Genotypes

## ABSTRACT

This work implements a drip irrigation system using NPK sensors, which is suitable for measuring temperature, humidity, conductivity, and soil PH, and also detects the nitrogen, phosphorus, and potassium content in the soil. This system will allow monitoring the appropriate use of water to apply it to a soybean crop of four genotypes based on dry matter; With this data obtained from the sensors it will be displayed in a web application to be analyzed in real time during field tests.

**Keyword:** soja, sensor, water

*Artículo recibido 25 diciembre 2024*

*Aceptado para publicación: 30 enero 2024*



## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente existen proyectos sobre sistemas de riego autónomos basados en el Internet de las cosas (IoT), los cuales están enfocados para cualquier tipo de cultivos, en el caso de este trabajo se busca que el sistema de riego autónomo fortalezca las cadenas de valor del sector agroalimentaria en la producción de la soya con el cuidado del medio ambiente. La agricultura representa más del 70% de las extracciones del agua dulce en el mundo, por lo que es necesario apostar por un enfoque de más alimentos por cada gota empleada “basados en nuevas formas de gestión del agua” (FAO).

La seguridad alimentaria está estrechamente relacionada con la seguridad hídrica entre el 30 y 40% de los alimentos del mundo procede de las tierras de regadío la regulación de la humedad a nivel del sistema permite maximizar y estabilizar la producción garantizado que las fluctuaciones en el régimen de precipitaciones no repercutan negativamente en los cultivos, lo que permite obtener todos los beneficios derivados de la introducción de variedades de alto rendimiento y de sistemas de nutrición y protección de las plantas, para conseguir resultados satisfactorios es necesario sustituir los sistemas tradicionales propios de una era de abundancia por otros que utilicen una tecnología más desarrollada.

Se busca explorar las visiones sobre el futuro de la seguridad alimentaria en el contexto mundial, así como identificar los tópicos críticos para la producción de alimentos ricos en proteínas en general y alternativas novedosas a base de vegetales atendiendo factores tecnológicos.

En este contexto en la implementación de este proyecto se utiliza el internet de las cosas para la producción de la soya el cual responde a la demanda de los agricultores que desean contar con servicios más flexibles de ordenación de agua que permitan una mayor diversificación de cultivos y una producción orientada al mercado y contribuir a lograr un funcionamiento ambiental y económicamente sostenible.

## **METODOLOGÍA**

Durante el proceso inicial, cada planta, de cada repetición y para cada genotipo, se obtiene de sembrar la semilla correspondiente en una bolsa especial de invernadero (a modo de maceta), por lo que cada repetición es una planta. Para el manejo Agronómico, se considera un total de 24 bolsas (macetas), las cuales son sembradas con 2 semillas de un mismo genotipo, de modo que para cada uno de los cuatro genotipos se manejan 6 bolsas. De las 2 semillas sembradas, a los 10 días de emergencia de las plántulas

se eliminará la menos desarrollada, y en cada bolsa se manejó solo 1 planta saludable. se colocaron todas las bolsas, con espacio de 1 metro entre cada una de ellas.

Durante el proceso de planeación, previo a la instalación, se validaron los espacios destinados a la instalación de los sensores, lo anterior procurando las mejores condiciones de control de despacho de agua, así como la configuración de los sensores, para programar la periodicidad de testeo y la gestión de los mismos, siendo importante la calibración de estos, a fin de poder procurar la homogeneidad de los registros y su confiabilidad, en este sentido se estructuró el sistema de monitoreo a base de la plataforma de Arduino, los cuales son conectados a sensores de humedad como el logicbus blog, dado que tienen la ventaja de conexión wifi, con alcance inalámbrico de 3.2 km con antena incorporado, con una antena de alto alcance que llega hasta 42 km.

En este mismo sentido se planeó e instalo el circuito de irrigación de agua, consistente en las mangueras y conexiones necesarias, para dar hidratación a las muestras de soya.

Se procedió al desarrollo de una aplicación web, la cual partió del análisis de la base de datos donde se tuvo que correlacionar el testeo realizado con un sensor, relacionado con un individuo de genotipo de soya, que considere la fecha de reporte y la cantidad reportada de nivel de humedad, así como la cantidad de agua suministrada, en el desarrollo de sistema se consideró la alimentación de la base de datos de forma automática con los resultados de los sensores. El sistema se desarrolló mediante el framework de JavaScript Angular, el cual provee una arquitectura limpia para tener una mejor estructura del código. También se hizo uso de una base de datos, en la cual se almacenó la información de la aplicación móvil y para ello se utilizó el servicio de una empresa que ofrece el hospedaje de bases de datos, una de ellas es Google, la cual cuenta con Firebase, que ofrece servicios en la nube y brinda un servicio de base de datos, que es, Firestone (para almacenar información), también se hace uso del servicio de Authentication de Firebase para el inicio de sesión con diversas fuentes.

Para el sistema, se hizo uso de dispositivos móviles de gamas media (2Gb de RAM, versión de Android 4.4W en adelante y 150Mb de almacenamiento) y contó con una conexión a internet para poder enviar los resultados a la base de datos (BD). Se procedió a la puesta en marcha del monitoreo a base de sensores y la conexión con la aplicación progresiva, para poner a prueba la operación y funcionamiento de ambos en paralelo, considerando en forma previa la conectividad entre ambos.



Se realizó el monitoreo de las muestras en tiempo real, considerando los volúmenes de agua, para la producción de materia seca durante un ciclo de mínimo de 152 días. Con la colocación de los sensores, se determinó el momento en que el suelo no contenga humedad, para que se aplique riego controlado. Para cada evento de riego, se registró el volumen de agua aplicado para alcanzar capacidad de campo del suelo (ocupación de los espacios porosos con agua al punto de saturación; observándose no exceso, ni deficiencia por el volumen de agua aplicada como riego. La biomasa aérea de cada planta fue separada por corte, a los 152 días de la siembra, coincidiendo con su etapa fenológica de inicio de floración, cuando la planta alcance se mejor equilibrio de rendimiento y calidad nutricional). La biomasa aérea se deshidratada en estufa de aire forzado hasta obtener su peso en base materia seca (MS), lo cual representa la materia donde se encuentran todos los nutrientes de la planta, disponibles así para la alimentación animal o humana.

Una vez concluido el periodo de monitoreo se realizará un análisis confrontando la cantidad de agua suministrada en cada genotipo, con la finalidad de poder detectar los genotipos que presentan mejores resultados de materia seca generada con un consumo menor de líquido vital, procurando con ello, el ahorro sustancial de los recursos naturales, proyectando los resultados del presente proyecto hacia una producción de mayor escala de forma más sostenible.

### **Desarrollo**

Para el desarrollo del proyecto se adquirió y se armó un vivero con unas dimensiones de “F” x “Y” para colocar los cuatro genotipos de soya, y poder evaluar cual de él o ellos cumpliera con el consumo mínimo de agua (peso seco), antes de empezar el sembrado de la soya, se preparó la tierra y se colocaron en el vivero en forma aleatoria.

Utilizando el Internet de las cosas (IoT) se programaron las tarjetas del microcontrolador Esp32 para realizar las mediciones de los sensores NPK en cada maceta, esto con el objetivo de tener un control tanto de la humedad y la temperatura de cada una de las macetas así como los micronutrientes como son Fosforo, Potasio, Calcio, PH, y Salinidad del agua.

Usando un servidor bróker para llevar a cabo la conectividad con los sensores NPK mediante WIFI y así obtener los datos como son la humedad, temperatura, pH, conductividad y los micronutrientes, se tuvieron que calibrar para obtener la mejor lectura, una vez concluido se programaron los

microcontroladores ESP32 para poder recibir los datos censados y posteriormente enviarlos al servidor, para que este pueda ser visto mediante una aplicación web

A continuación, se llevó a cabo la instalación de un sistema de riego por goteo, se utilizaron contenedores de bote de plástico marcados con niveles de mililitros para poder tener un control sobre la cantidad del riego sobre la soya.

Con la aplicación web desarrollada se puede estar censando en tiempo real la temperatura, humedad y micronutrientes de los diferentes genotipos.

## **RESULTADOS**

Instalación del vivero para el campo experimental

La instalación y configuración de los sensores para obtener lectura de los datos del suelo

La creación de la aplicación web para monitorear en tiempo real los datos de los sensores NPK

Tener un mejor control del riego usando la aplicación web y el uso de electroválvulas para el riego por goteo

Detectar la falta de nutrientes de cada maceta y poder agregar el nutriente necesario

## **CONCLUSIÓN**

La importancia de esta investigación es saber que genotipo de las cuatro variantes de soya es adecuada para la generación de mayor producción de soya usando la mínima cantidad de agua (peso seco), con la implementación del sistema de riego automatizado podemos concluir que se tiene un mayor control del suministro de agua para cada genotipo; ya que el uso de contenedores personalizados podemos saber con certeza cuanta cantidad de agua está recibiendo cada genotipo para el crecimiento de la planta. El uso y aplicación de la tecnología del Internet las cosas nos han permitido darle un seguimiento remoto en tiempo real de cómo se va desarrollando en cuanto su crecimiento y nutrición de la planta de soya.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anaya-Isaza, A., Pelufo Ordoñez, D., Juan, I.R, Castro – Silva, A., Ruiz, D., & Llanos, L. Internet of things for Irrigation System (IoT).
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. FAO.com [en línea] 26 de enero de 2019 [citado el 16 de octubre de 2019]. <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/es/>.
- FAO. Organización de las Nación del es Unidas para la Alimentación y Agricultura, Italia) 2015. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. [en línea] Roma, Italia. Consultado 14 de diciembre de 2018. Disponible en .  
<http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/2777/21>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, costa Rica 2018. Plan de mediano plazo 2018-2022 (en línea) San José Costa Rica. Consultado 11 de noviembre 2018. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/7191/1/BVE18040249E.pdf>
- Meléndez, Lenny, Hernández, Alba, & Fernández, Shirley. (2006) Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro*, 18( 2), 107-114, recuperado el 15 de febrero de 2023 de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612006000200005&ing=es&tIng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612006000200005&ing=es&tIng=es).
- Tobia, C., & villalobos, E. (2004). Producción y valor nutricional del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 17-25.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO, hacer que cada gota cuenta 2022.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, afrontar los escasos de agua, un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria 2013.
- S, Cruz Sistemas de riego y sus componentes. 2008.
- Goyal, Megh, manejo de riego por goteo, primera edición, editorial Copyright, España 2000, volumen 1.
- Leiva F. R. la agricultura de precisión: una producción más sostenible y competitiva con visión futurista. Facultad de agronomía, Universidad Nacional de Colombia 2003, pagina 7.



Carrillo Reveles, D. A., & Vázquez Minjarez, J. L. (2008). Tesis: Automatización de un invernadero con el PLC S7-200. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.

ESP32 Overview. Espressif Systems. Consultado el 1 de septiembre de 2016.

ESP32 Datasheet. Espressif Systems. 6 de marzo de 2017. Consultado el 14 de marzo de 2017.

Sensor NPK. <https://www.didacticaselectronicas.com/>

