

SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE SUELO PARA CULTIVO DE STEVIA REBAUDIANA MORITA II

Vejar-Cortés Angel¹, García-Díaz Noel¹, Torres-Martínez Carlos¹, García-Virgen Juan¹,
Ruiz-Tadeo Ana¹, Lua-Madrigal Olimpo¹

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Av. Tecnológico No. 1, Col. Liberación, Villa de Álvarez, Colima, C.P. 28976

Teléfonos: (312) 312 6393, (312) 312 9920

{G2146001, ngarcia, carlos.torres, jgarcia, aruiz, olimpo.lua}@colima.tecnm.mx

RESUMEN.

La Stevia B. Morita II es una planta que se caracteriza por contener esteviosidos y rebaudiosidos, sustancias dulces que son utilizadas como edulcorantes en la industria alimenticia como sustituto de azúcares. La producción y concentración de estos compuestos se ve afectada por las condiciones de crecimiento de la planta, por lo que es necesario monitorear los niveles de temperatura, humedad, pH y macronutrientes NPK para obtener el mejor rendimiento por cultivo. Para satisfacer esta necesidad se desarrolló un sistema de monitoreo que utiliza el sensor JXBS-3001, las tarjetas de desarrollo TTGO V1.3 con antena LoRa que reportan los valores medidos hacia un servidor en la nube por medio de una API que notifica por correo electrónico anomalías en los niveles obtenidos. Se alcanzó un desarrollo funcional suficiente con un prototipo físico de los distintos elementos del sistema. La implementación permitirá mejorar los procesos de cultivo de Stevia obteniendo mayor producción de biomasa y edulcorantes.

Palabras clave: Sensor NPK, Red LoRa, ESP32, Plataforma web, Stevia Morita II

ABSTRACT.

Stevia B. Morita II is a plant that is characterized by containing steviosides and rebaudiosides, sweet substances that are used as sweeteners in the food industry as a substitute for sugars. The production and concentration of these compounds is affected by the growing conditions of the plant, so it is necessary to monitor the levels of temperature, humidity, pH and NPK macronutrients to obtain the best yield per crop. To satisfy this need, a monitoring system was developed, it uses the JXBS-3001 sensor, the TTGO V1.3 development board with LoRa antenna to report the measured values to a server in the cloud, through an API that notifies by sending emails if anomalies are presented. A functional model is developed with a physical prototype of the different elements of the system. The implementation will allow to improve the Stevia cultivation processes, obtaining a greater production of biomass and sweeteners.

Keywords: NPK Sensor, LoRa Network, ESP32, Web Platform, Stevia Morita II

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La estevia (Stevia Rebaudiana Bertoni) es una planta perenne originaria de Paraguay, la cual es una fuente de compuestos benéficos para la salud humana [1], unos de estos son los glucósidos de esteviol, que son utilizados principalmente como edulcorantes para sustituir el uso de azúcares para la preparación de bebidas.

Al igual que la gran mayoría de plantas, la estevia cuenta con variantes que poseen distintas propiedades, características y aplicaciones tanto en la industria alimenticia como remedios de medicina alternativa [2].

Una de estas variantes es la Morita II, la cual fue generada en Japón por Toyosigue Morita, y esta destaca por contener una mayor concentración de esteviosidos y rebaudiosidos en comparación con sus variantes criollas, provocando una sensación de mayor dulzor al ser ingerido [2-10].

La reproducción de estevia es posible tanto sexual como asexualmente; Realizarlo de forma sexual presenta limitaciones como su relativa baja tasa de germinación (de 0.1 a 0.38), breve periodo para realizar este proceso, cuidados especiales requeridos, así como mutaciones genéticas [4]. Este último es una de las mayores amenazas o desventajas, ya que representa un riesgo de perder las características deseadas de cada variante, por lo que rutas asexuales son tomadas por los agricultores. Esta alternativa se realiza a partir de un órgano de la planta, manteniendo las características fenotípicas y genéticas de la planta original [5].

El cultivo de estevia Morita II se ha impulsado en México debido a las características y aplicaciones ya mencionadas, así como su alto contenido de Rebaudiosido-A, tolerancia a Septoria (hongos) [3]. Además, es relevante destacar el hecho de que es un producto agrícola en continua investigación [1-8]. Por lo que no sólo es relevante como elemento de consumo, sino como objeto de estudio.

Un productor actualmente activo (2022) de Stevia Rebaudiana Bertoni variante Morita II, es la empresa "Rancho Tajeli", los cuales se encuentran ubicados en Colima, México (19°14'38.4"N 103°39'39.2"W). Actualmente cuentan con cerca de 2,500 metros cuadrados de cultivo en crecimiento, sin embargo, aunque disponen de un territorio mayor para incrementar la producción (15,000 metros cuadrados, ver Fig. 1), no cuentan con las herramientas y el personal suficiente para realizarlo ya que las características del ambiente requeridas para un óptimo crecimiento son bastante estrechas.

Las condiciones de cultivo de la estevia se asemejan a las condiciones climáticas de donde ésta es originaria, suelo profundo, franco y arenosos, un suelo de tipo Lubisoles, Nitisoles, Regosoles y Fluvisoles [8-9].

Tabla 1.- Rangos óptimos de condiciones para *Stevia Morita II*.

Variable\Rango	Bajo	Óptimo	Alto
pH	< 5.5	5.5 - 7.0	> 7.0
Temperatura (°C)	< 18	18 - 30	> 30
Humedad relativa (%)	< 40	40 - 80	> 80

En la Tabla 1 se enlistan tres parámetros y los rangos en los cuales se tiene un óptimo desarrollo, que son fundamentales para el crecimiento de la planta y con ello la producción de esteviósidos y rebaudiósidos [9-10].

Otro aspecto importante para el crecimiento de los cultivos es la concentración de nutrientes, de acuerdo con [8], la biomasa producida en un ambiente con deficiencia de molibdeno, cobre, cloro, manganeso y potasio no presenta diferencia significativa a aquella con tratamiento completo. Caso contrario, existe una reducción considerable cuando hay ausencia de hierro, boro, magnesio, calcio, azufre, fósforo y nitrógeno [8]. Por lo que el encargarse de que estos elementos se encuentren en buen balance se convierte en una necesidad si se busca maximizar la producción de biomasa.



Fig. 1. Instalaciones de Rancho Tajeli.

La necesidad de implementar sistemas de monitoreo surge a partir de la dependencia entre condiciones del suelo y el crecimiento de biomasa ya mencionados. El obtener información del estado de la calidad del campo de cultivo permite a los productores tomar acciones predictivas e incluso correctivas para salvaguardar la integridad de las plantas en desarrollo.

1.2. Trabajos relacionados

Existe una gran cantidad de sistemas de monitoreo, como ejemplo los planteados en [11-15], que se han desarrollado con propósitos similares a los mencionados en el presente documento, estos implementan diferentes tecnologías y herramientas que han ido mejorando a lo largo de su desarrollo individual. Se destaca el hecho de que logran satisfacer estas necesidades, así como buscar la factibilidad técnica y económica en caso de incrementar la escala. En [11] fue desarrollada una revisión de la literatura, los parámetros analizados son la mención de conceptos tales como microcontroladores, IoT, computación en la nube, lógica difusa, visión artificial, datalogger, nanotecnología, entre otros. Por lo que se marca un panorama más claro respecto a los elementos básicos de estos sistemas de monitoreo.

En [12] se desarrolló una red de monitoreo de calidad de aire en interiores, las variables analizadas son el valor total de compuestos orgánicos volátiles y una equivalencia a CO₂. Esto por medio de módulos embebidos Metro M4 y ESP32, la transmisión de datos es realizada con una topología similar a estrella ya que un nodo central es el que dirige y coordina la comunicación con cada nodo sensor para recopilar los datos de interés, posteriormente envía paquetes hacia su servidor por medio de internet.

El monitoreo de variables a través de internet se puede ver reflejado en trabajos como los realizados en [13-15], en el caso de [13] la temperatura, humedad, voltaje y corriente son transmitidas a través de internet, desde controladores lógicos programables con interfaces humano máquina hasta llegar a su servidor en donde se realiza procesamiento de estos e incluso el disparo de alarmas al presentarse anomalías. El trabajo desarrollado por [14] sigue una arquitectura bastante similar, sólo que este utiliza una puerta de enlace LoRa WAN como punto central de comunicación con las denominadas estaciones de monitoreo, en donde las variables temperatura, pH, saturación de oxígeno y turbidez del agua son recopiladas por el microcontrolador Arduino MKR WAN 1310. Finalmente, también se han desarrollado sistemas de monitoreo para el sector acuícola, un ejemplo de esto es el trabajo realizado por [15], las variables observadas son pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura, el microcontrolador encargado de la recolección de datos es el arduino mega 2560, el almacenamiento de datos fue realizado de forma local utilizando una tarjeta micro SD con un módulo compatible con el protocolo SPI, además, tiene la posibilidad de transmitir datos por medio de una antena GSM/GPRS a través del cual se realizó la transmisión de alertas vía SMS. Sin embargo, este trabajo es un módulo único y no presenta la integración para realizar mediciones en múltiples puntos espaciales.

Con base en los trabajos previamente mencionados es posible determinar los componentes básicos de un sistema de monitoreo, los sensores o instrumentos de medición, los microcontroladores o tarjetas de desarrollo que realicen la lectura, la transmisión de datos de bajo y alto nivel, almacenamiento e interpretación de datos, y por último la interfaz humana. Existen diversas tecnologías y herramientas disponibles para cada componente básico y pueden ser filtradas y elegidas a partir de características de interés como el costo, tiempo de adquisición, precisión e incluso consumo energético. Sin embargo, ninguno de estos trabajos tiene como objeto de estudio la calidad del suelo para un cultivo de *Stevia Rebaudiana Morita II*, en donde se monitoree el pH, temperatura, humedad, y macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio (NPK).

2. DESARROLLO

Al integrar los elementos mencionados en la sección anterior en un mismo sistema se pueden llegar a distintas y variadas soluciones, lo cual se observa al comparar otros sistemas como los desarrollados en [12-15]. Por lo que el sistema de monitoreo

propuesto para observar la temperatura, humedad, pH y macronutrientes NPK de un cultivo de Stevia Morita II se muestra en la Fig. 2, es posible dividirlo en dos grandes componentes, el monitoreo de variables que integran los sensores, microcontroladores y transmisión de datos, y el servidor, el cual realiza las tareas de almacenamiento, procesamiento y distribución hacia el usuario.



Fig. 2. Diagrama general de sistema de monitoreo desarrollado.

2.1. Monitoreo de variables

Esta sección muestra el proceso de selección de sensores, microcontroladores y componentes necesarios para realizar la transmisión de datos para cumplir con los requisitos funcionales y no funcionales mencionados previamente. Así como una descripción del algoritmo de recolección, transmisión y almacenamiento de datos.

2.1.1 Sensores

Las variables de interés son seleccionadas a partir de los resultados de [8-9], en donde establecen rangos de crecimiento óptimos para la estevia de distintas variables, tales como temperatura, humedad, pH, y los macronutrientes NPK. Tras realizar una búsqueda de sensores se pueden encontrar una gama de distinto costo, precisión, y protocolos. Uno de estos dispositivos es el sensor NPK JXBS-3001, el cual es capaz de brindar todas las variables ya mencionadas a través del protocolo RS485, por medio de petición de registros y respuesta a través de una trama de 8 a 12 bytes de longitud. Por lo que al conectarlo con un adaptador de RS485 a serial es posible utilizar diversos microcontroladores, los cuales son descritos en la sección 2.1.2.

2.1.2 Microcontroladores

El mercado de los microcontroladores es bastante amplio por lo que el catálogo de estos también lo es, las características físicas permiten realizar una selección rápida, sumada a los costos, tiempo de desarrollo y tiempo de fabricación de circuitos impresos, además, la existencia de tarjetas de desarrollo permite acelerar el prototipado de sistemas.

Los microcontroladores ESP32 están diseñadas para aplicaciones de internet de las cosas, electrónicos portables y dispositivos móviles [16], es un chip WIFI-Bluetooth por lo que es posible conectarlo a redes inalámbricas de forma nativa, además de ser compatible con diferentes protocolos de comunicación serial tal como I2C y SPI, que son usados por una gran variedad de sensores y periféricos.

Se seleccionó este microcontrolador, en específico su versión integrada en la tarjeta de desarrollo TTGO V1.3, por las características mencionadas además del amplio repertorio de librerías y contenido elaborado por fabricantes y la misma comunidad que lo utiliza.

2.1.3 Transmisión de datos

Los ESP32 poseen una antena WIFI de 2.4GHz que permite establecer conexiones inalámbricas entre dispositivos, sin embargo, no se tiene la ganancia suficiente para transmitir a distancias como en las que se estará implementando el sistema de monitoreo, por lo que la selección de un protocolo de radiofrecuencia (RF) de menor velocidad y mayor alcance requerido. Una de las múltiples soluciones encontradas fue la antena LoRa, la cual, se puede utilizar a través del protocolo SPI. Esta implementa únicamente la capa física ya que existe cobertura de una red LoRaWAN pública, por lo que se diseñó la capa de control de acceso al medio utilizada.

La comunicación entre capas de los distintos elementos está dada de acuerdo al diagrama en la Fig. 3, en este se muestran 3 dispositivos principales. El nodo sensor y el nodo maestro se comunican por medio de la misma capa física y de control, mientras que el nodo maestro se comunica con el servidor a través de solicitudes http.

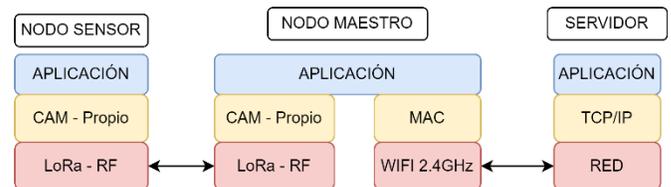


Fig. 3. Capas de red de los elementos principales del sistema de monitoreo. Elaboración propia.

El procedimiento del nodo central (Fig. 4) consiste en realizar un barrido enviando un mensaje a todos los nodos indicando que comience la medición de las variables de interés, después de mil milisegundos, el nodo central comienza a solicitar a cada nodo sensor los datos capturados sucesivamente hasta completar un paquete, el cual será almacenado como respaldo localmente en una memoria micro SD, y posteriormente enviado como solicitud de tipo http POST hacia la plataforma web a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API). Una vez finalizada la transmisión de información el nodo central esperará el tiempo configurado para volver a comenzar el proceso.

La rutina de un nodo sensor (Fig. 4) consiste en inicializar el protocolo de RF y colocarse en modo *sleep*, con el fin de incrementar el tiempo de batería útil, una vez que llega un paquete a través de la interfaz RF se revisa la dirección destino, en caso de no ser un mensaje para todos los nodos ni coincidir con la dirección individual el nodo descartará el mensaje y volverá al modo *sleep*. Si el mensaje es un “para todos”, se comenzará la medición de las variables y la construcción del paquete para ser almacenado en la memoria RAM esperando

otro paquete con la solicitud de los datos, una vez recibidos, se responderá con una trama que contiene los valores medidos, así como un campo de *check sum* para detección de errores. Al recibir la confirmación de recepción se volverá al modo *sleep*.

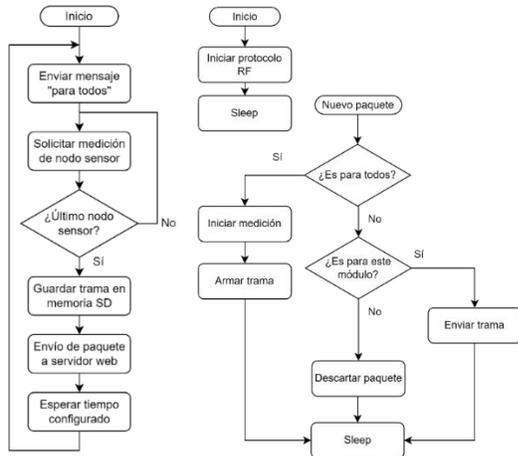


Fig. 4. Diagrama de flujo de nodo central (izquierda) y Diagrama de flujo de procedimiento de nodo sensor (derecha)

2.2. Servidor y plataforma web

Esta sección muestra el proceso de diseño de los distintos elementos que conforman las funciones del almacenamiento, procesamiento y distribución de datos hacia el usuario, que corresponde a la arquitectura, la base de datos e interfaz de usuario dentro del sistema web, mismos que son abordados en las siguientes subsecciones.

2.2.1 Arquitectura

La arquitectura implementada para la plataforma web es cliente-servidor (Fig. 5), la elección de esta reside en que la complejidad no requiere ser elevada debido a que los requisitos funcionales corresponden a los de un CRUD (por sus siglas en inglés, Create, Read, Update y Delete), el cual es crear, leer, actualizar y eliminar registros. La creación corresponde directamente al cliente (nodo central), que estará enviando constantemente paquetes con los valores de las variables medidas, mientras que la lectura será realizada por los usuarios (productores agrícolas). Las operaciones de actualización y eliminación de datos serán realizadas por administradores en caso de presentarse eventualidades con la integridad de los datos, como lo puede ser el fallo de un sensor.

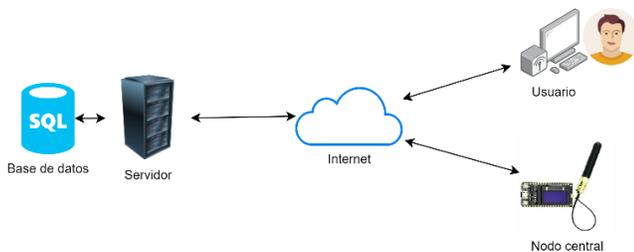


Fig. 5. Arquitectura cliente-servidor.

2.2.2 Base de datos

La estructura y construcción de los nodos no cambia, las variables a medir son las mismas entre todos los nodos sensor, por lo que el implementar una base de datos tipo SQL resulta óptimo, una ventaja es que permite realizar consultas filtrando por tiempo, rango de valores, e incluso realizar uniones con otras tablas de manera rápida. El diseño de esta base de datos se muestra en la Fig. 6, se puede determinar la presencia de dos regiones principales, la primera es la encargada de la estructura de usuarios, sus alertas y la existencia de un historial de alertas enviadas por correo electrónico. La segunda región engloba a los registros generados por la red de sensores, cada módulo al medir las mismas variables puede compartir estructura, sin embargo, en caso de agregar módulos con diferentes sensores deben ser añadidas tablas con nuevas características.

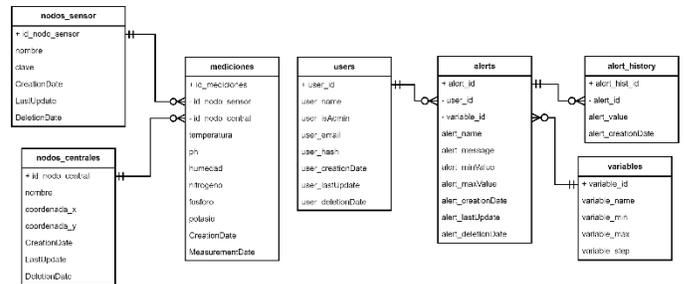


Fig. 6. Estructura de la base de datos SQL.

2.2.3 Interfaz de usuario

Las vistas disponibles para el usuario se encuentran plasmadas en la Fig. 7, se puede observar una ramificación por secciones que parte del menú principal. Debido a que la página será accesible para el público se agrega una página principal en donde se presentan características del proyecto, así como datos de contacto. Un portal de inicio de sesión y módulos necesarios para el correcto acceso a los datos y su respectiva visualización. Por último, se resalta el menú de administrador, en el cual se podrá modificar los usuarios con acceso a la plataforma, los nodos sensor e incluso múltiples nodos centrales.

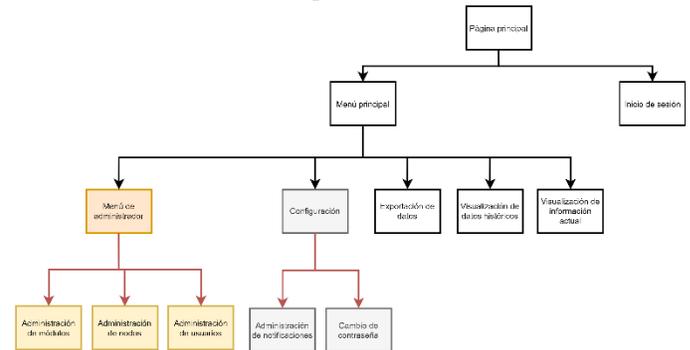


Fig. 7. Flujo de vistas de plataforma web

3. RESULTADOS

A continuación, se presentan evidencias de la construcción y aplicación del sistema de monitoreo planteado en el presente documento. En la Fig. 8 muestra el nodo sensor, que es el

encargado de realizar la lectura de variables NPK, pH, temperatura y humedad, encapsularlas en una trama/mensaje y enviarlos como respuesta al nodo central (Fig. 9).

En la Fig. 9 se pueden observar los distintos elementos que conforman el nodo central, mencionados y descritos en la sección 2.1, entre ellos el microcontrolador ESP32 con la antena LoRa, un módulo de tiempo real y un módulo lector de tarjetas micro SD.

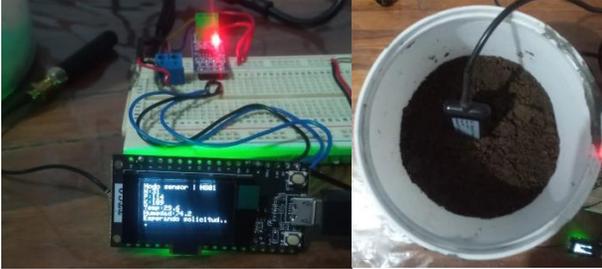


Fig. 8. Prototipo de nodo sensor.

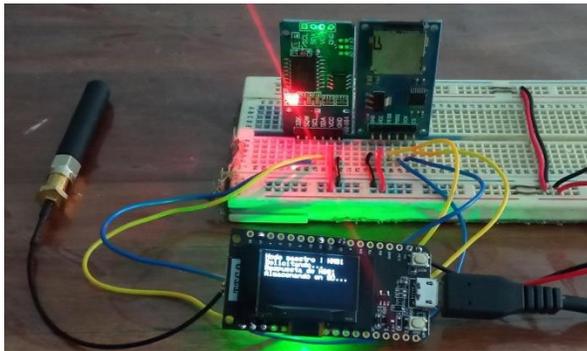


Fig. 9. Prototipo de nodo central.

Finalmente, se muestran algunas de vistas de la plataforma web (Fig. 10, Fig. 11 y Fig. 12), estas componen la interfaz de usuario a través de la cual los agricultores pueden acceder a los distintos módulos (Fig. 10). Existe un módulo que permite una visualización histórica de los datos a través de un gráfico (Fig. 11).



Fig. 10. Vista de menú principal.

En caso de necesitar los registros completos para realizar algún análisis no presente en la plataforma, estos se pueden exportar (Fig. 12) en formato CSV (valores separados por comas), en donde se extrae el nombre del módulo que tomó la medición, la

fecha de captura y los valores correspondientes a cada variable medida.



Fig. 11. Módulo de visualización de datos históricos.

Además, también es posible configurar los rangos a partir de los cuales, si es detectado un valor fuera de estos se notifica por correo electrónico (vista no mostrada) con la información del nodo correspondiente.



Fig. 12. Módulo para exportar registros.

4. TRABAJO FUTURO

La maduración tecnológica del proyecto se encuentra en etapas tempranas, pues es apenas un prototipo funcional, se busca construir una mayor cantidad de nodos sensor. Además, incluir un contenedor con protección IP65 para cada nodo, puesto que estos estarán expuestos a condiciones de contacto directo con agua, e incluso estar sumergido en encharcamientos posteriores al riego y precipitación.

El sistema se encarga únicamente de capturar, transmitir, almacenar, mostrar los datos y notificar anomalías en las variables medidas, se pretende aplicar técnicas de ciencia de datos para buscar patrones e incluso el aplicar alguna técnica de inteligencia artificial que:

- Determine con precisión la calidad del suelo.
- Realice predicciones respecto al crecimiento de la planta.
- Incluso buscar relación entre las condiciones de crecimiento y las concentraciones de esteviósidos y rebaudiósidos.

5. CONCLUSIÓN

El desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo de calidad de suelo para un cultivo de estevia permite un acceso rápido a los datos que representan el estado actual de este, por lo que la toma de decisiones para solventar anomalías en las variables, puede ser realizada en un tiempo relativamente corto por los mismos agricultores, en este caso Rancho Tajeli. Esto con el fin de asegurar una mayor producción de biomasa, esteviósidos y rebaudiósidos por cultivo, implicando mayor calidad en la planta y, eventualmente, la hoja seca que será procesada para generar el edulcorante comercial. Otra ventaja para los agricultores, es que, al ser un sistema con acceso en la nube, este puede ser consultado, visualizado y configurado en cuestión de segundos desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

6. REFERENCIAS

- [1] S. Gantait, A. Das and J. Banerjee, "Geographical Distribution, Botanical Description and Self-Incompatibility Mechanism of Genus Stevia", *Sugar Tech*, vol. 20, no. 1, pp. 1-10, 2017. Available: 10.1007/s12355-017-0563-1.
- [2] F. Hossain, M. Islam, M. Islam and S. Akhta, "Cultivation and uses of stevia (*Stevia rebaudiana bertonii*): A review", *African journal of food, agriculture, nutrition and development*, vol. 17, no. 04, pp. 12745-12757, 2017. Available: 10.18697/ajfand.80.16595.
- [3] M. G. Lozano Contreras, G. Ramírez Jaramillo, y Y. B. Moguel Ordóñez, "Ch'ujuk: variedad clonal de 'estevia' como alternativa al cultivo masivo de Morita II para el Trópico de México", *Remexca*, vol. 11, n.º 8, pp. 2005–2010, dic. 2020.
- [4] B. Noyola Altamirano, L. Méndez Lagunas, L. Aquino González, J. Rodríguez Ramírez, S. Sandoval Torres and L. Barriada Bernal, "Evaluación del proceso de secado por lecho fluidizado sobre los atributos de calidad en hojas de estevia (*Stevia rebaudiana*)", *Agrociencia*, vol. 55, no. 7, pp. 583-596, 2021. Available: 10.47163/agrociencia.v55i7.2605.
- [5] P. Paredes-Suárez, A. Bautista-Gálvez, M. Ortega-Ramírez, R. Jiménez-Vera, M. Benítez-Mandujano and N. González-Cortés, "Enraizamiento de mini esquejes de *Stevia Rebaudiana Bertonii* con ácido indolbutírico en hidroponía", *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 44, no. 3, p. 367, 2021. Available: 10.35196/rfm.2021.3.367.
- [6] E. Combatt, A. Jarma O., J. Polo S, L. Rodríguez P. and J. Hernández, "Rendimiento y calidad de hojas de *Stevia rebaudiana Bert.* Bajo la oferta edafológica y dos niveles de radiación en cinco regiones de Colombia", *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 19, no. 1, 2016. Available: 10.31910/rudca.v19.n1.2016.112.
- [7] E. Flores, O. H. Espinosa, and J. L. V. Ríos, 'El género *Stevia* (Eupatorieae, Asteraceae) en el estado de Morelos, México', *Acta Botanica Mexicana*, σσ. 7–36, 2018.
- [8] G. Kafle, D. Midmore and R. Gautam, "Effect of nutrient omission and pH on the biomass and concentration and content of steviol glycosides in stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni) under hydroponic conditions", *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, vol. 7, pp. 136-142, 2017. Available: 10.1016/j.jarmap.2017.08.001
- [9] G. Ramírez-Jaramillo and M. Lozano-Contreras, "Potencial productivo de *Stevia Rebaudiana Bertonii*, bajo condiciones de riego en México", *agro-productividad*, vol. 9, no. 9, pp. 76-81, 2016.
- [10] G. Ramírez-Jaramillo and M. Lozano-Contreras, "la producción de *Stevia rebaudiana Bertonii* en México", *Agro-Productividad*, vol. 10, no. 10, pp. 84-90, 2017.
- [11] J. Hernández Ramírez, J. Arce Valdez, O. Aragón Banderas, F. Estrada García and J. Martínez Rivera, "Desarrollo de sistemas Mecatrónicos enfocados a tecnologías de agricultura de precisión, aplicables a cultivos de frijol: Una Revisión", *Electro*, vol. 42, no. 42, pp. 34-41, 2020.
- [12] J. Vega Luna, G. Salgado Guzmán, F. Sánchez Rangel and J. Cosme Aceves, "Red de monitoreo de calidad del aire en interiores usando IoT", *Electro*, vol. 43, pp. 131 - 136, 2021.
- [13] J. Moreno Jiménez, C. Gómez Jordán, M. Morán Solano, S. Toral Rebolledo and A. Vilchis Pineda, "Sistema de monitoreo y control de variables remotas a través de internet", *Electro*, vol. 43, no. 43, pp. 143-149, 2021.
- [14] J. Vega Luna, G. Salgado Guzmán, F. Sánchez Rangel and J. Cosme Aceves, "Red de monitoreo de calidad del agua para un sistema de enfriamiento", *Electro*, vol. 43, no. 43, pp. 125-130, 2021.
- [15] G. Gutiérrez Piliado, J. Verduzco Ramírez, E. Bricio Barrios and S. Arceo Díaz, "Incorporación de un conjunto de mejoras técnicas y de usabilidad a un dispositivo de monitoreo de los parámetros de calidad del agua aplicado al sector acuícola", *Electro*, vol. 42, no. 42, pp. 101-106, 2020.
- [16] "ESP32 Series – Datasheet", Espressif Systems, 2019. [Online] Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1148023/ESPRESSIF/ESP32.html>