

ARTICLE HISTORY

Received 30 September 2020
Accepted 16 October 2020

Ángel Llerena Zambrano
Departamento IoT
Telcombas S.A.
Guayaquil, Ecuador
af.llerena@telcombas.com

Agricultura digital en el cultivo de Pitahaya

Digital agriculture in Pitahaya crop

Agricultura digital en el cultivo de Pitahaya

Digital agriculture in Pitahaya crop

Ángel Llerena Zambrano

Departamento IoT
Telcombas S.A.
Guayaquil, Ecuador
af.llerena@telcombas.com

Abstract — Digital agriculture has arrived to solve the production problem that exists in the land, the optimization of agricultural processes through sensors with IoT technology are being a great help so that farmers can produce more on their land and use the available resources of a more effective way. The trial that was carried out in the Palora sector in the cultivation of pitahaya, testing this new technology, resulted in having the data in real time allowing better decisions to be made when carrying out agricultural work without the need to be present in the plantation, such as Consequently, the environmental impact is minimized and a greater profitability of the crop is obtained. Once the information analysis had been carried out, it was determined that the area where the pitahaya crop is located does meet the necessary characteristics for the development of the crop, this could be contrasted by analyzing the data and monitoring the parameters in the intuitive agriculture module platform. The results obtained are an average of 7 mm / day of water in the pluviosity parameter, in terms of solar radiation, measurements were obtained with a ceiling of 2581.51 PAR, on the other hand, soil moisture had peaks of up to 16.40 cb, finally the temperature reached levels of 35.09 ° c.

Keywords — Digital agriculture, precision agriculture, sensors, artificial intelligence

Resumen — La agricultura digital ha llegado para solventar la problemática de producción que existe en los terrenos, la optimización de los procesos agrícolas mediante sensores con tecnología IoT están siendo una gran ayuda para que los agricultores puedan producir más en sus terrenos y utilizar los recursos disponibles de una manera más eficaz. En el ensayo que se realizó en el sector de Palora en el cultivo de pitahaya, se probó esta nueva tecnología, obteniendo como resultado de las pruebas realizadas la generación de datos en tiempo real que permiten tomar mejores decisiones al momento de realizar las labores agrícolas sin necesidad de estar presentes en la plantación, como consecuencia se minimiza el impacto ambiental y se obtiene una mayor rentabilidad del cultivo. Una vez realizado el análisis de la información, se determinó que la zona donde está ubicado el cultivo de pitahaya si cumple con las características necesarias para el desarrollo del cultivo, esto se pudo contrastar mediante la analítica de los datos y el seguimiento de los parámetros en la plataforma intuitiva modulo agricultura. Los resultados obtenidos son de un promedio de 7 mm/día de agua en el parámetro de pluviosidad, en cuanto a la radiación solar se obtuvo mediciones con un tope de 2581.51 PAR, por otro lado, la humedad del suelo tuvo picos de hasta 16.40 cb, finalmente la temperatura llego hasta niveles de 35.09 ° c.

Palabras clave — Agricultura digital, agricultura de precisión, sensores, inteligencia artificial

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna está basada en principios muy básicos tales como la eficiencia, reducción y conservación de los recursos no renovables que son indispensables para la producción de cultivos.

Es importante conocer con exactitud las características biológicas y agronomías del cultivo de pitahaya, implementando agricultura de precisión en los terrenos de producción. Los sensores que pueden medir estos parámetros son los medidores de temperatura, pluviosidad, luminosidad, humedad relativa, humedad de suelo entre otros parámetros, permitiendo tener un mayor control de la producción, optimizando el uso y aplicación de productos fitosanitarios.

En la actualidad se están desarrollando una gran variedad de softwares para los diferentes cultivos incorporando las necesidades nutricionales, climáticas y edáficas para ayudar a los agricultores a minimizar los costos de producción por la aplicación innecesaria de muchos insumos agrícolas en sus plantaciones logrando así ser más competitivos. El manejo

e interpretación de la data es una herramienta que se utiliza para proyectar o simular con una gran precisión eventos que se puedan suscitar y el agricultor pueda estar mejor preparado.

El uso de esta tecnología se la utilizó en este proyecto para poder optimizar los procesos agrícolas semanales que se presentan en el cultivo, de esta manera ahorra costos de producción, que generan mayor rentabilidad al productor al momento de la cosecha y comercialización de su cultivo. Adicional, con la tecnología IoT el productor tiene una herramienta que le facilitará la toma decisiones en tiempo real, cuando no esté presente sobre el cultivo, y dar indicaciones a sus trabajadores si es necesario aplicar un insumo agrícola, suministrar riego o parar de regar.

La implementación de esta estación de sensores se la realizó en el cultivo de pitahaya, la conectividad para la trasmisión de los datos se consideró un chip celular 3G, para enviar los datos recolectados por los sensores hacia la nube y finalmente poder ver los datos en la plataforma desarrollada modulo agricultura.

II. CULTIVO DE PITAHAYA

A. Pitahaya a nivel mundial y en el Ecuador

La pitahaya o también conocida como fruta dragón pertenece según su clasificación taxonómica a la familia Cactaceae, género Hylocereus, especie H. undatus, H. mangelanthus [1].

Es conocida a nivel mundial con más de 2000 especies, localizadas en el continente asiático y americano específicamente en los países como México, Nicaragua, Guatemala, Costa Rica, Ecuador y Colombia [2].

En el Ecuador el cantón de Palora, Provincia Morona Santiago perteneciente a la región de la Amazonia es uno de los mayores productores Pitahaya, en esta zona existen 672 productores de pitahaya que tienen sembradas 1528 hectáreas, de las que actualmente 664 están en producción, indican datos del Ministerio de Agricultura y ganadería (MAG) [4].

El cantón Palora posee un clima tropical húmedo, temperatura promedio de 22.5°C, precipitación anual 3000 - 4000 mm, precipitaciones altas abarcan desde mes de julio a mes de diciembre y llegan hasta 5.000mm; y el

verano con las precipitaciones bajas hasta 200 mm se ubica en los meses de enero, febrero y marzo y con una humedad relativa del 85% [3].

Su comercialización corresponde a dos variedades la roja y la amarilla. La variedad roja tiene su corteza de color roja no posee espinas, su pulpa es de color blanca con tonalidades rojizas y pequeñas semillas de color negro, la diferencia con la variedad amarilla es el color de su cascara, si posee espinas y su sabor es más dulce que la otra variedad como se observa en la figura 1 [5][8][9].



Fig. 1. Fruto de pitahaya roja [8].



Fig. 2. Fruto de pitahaya amarilla [9].

B. Generalidades del cultivo

Pitahaya es un cultivo perenne terrestre rastrero con abundantes ramas, puede alcanzar hasta dos metros de largo, posee 2 raíces una primaria cuya función es de absorción y las demás raíces secundarias ayudan a sostener la planta, su tallo son vainas muy ramificadas de color verde en donde se encuentran espinas o también llamadas hojas modificadas en donde nacen las flores hermafroditas con una combinación de colores blancos amarillos o rasados, tiene ciclos de floración de 5 o 6 ciclos y pueden necesitar de polinización cruzada, el fruto es de forma globosa y tiene de 8 a 15 cm

de largo por 6 a 10 cm de diámetro con cascara de color rojo o amarillo como se observa en las figuras 1 y 2 [6].

C. Requerimientos edafoclimáticos

Los requerimientos edafológicos necesarios para la correcta producción del cultivo de pitahaya son diversos entre ellos está el clima la pitahaya es un cultivo de climas cálidos subhúmedos con un rango de temperatura ideal de 16°C hasta 25°C, aunque también se puede dar en climas secos y tolerar una temperatura de hasta 38°C, tiene un requerimiento de lluvias moderadas, precipitación óptima oscila entre 500 a 700mm anuales. La luminosidad es vital para sus procesos fisiológicos en especial para iniciar la floración, el porcentaje de luminosidad es de 70% exposición solar y un 30% en sombra [7].

Otro aspecto necesario es el sustrato, la pitahaya es una planta adaptable a cualquier tipo de sustrato, pero se desarrolla mejor en suelos franco-arenosos y húmedos con un pH ligeramente ácido entre 5,5 a 6,5. Con una humedad del suelo 50% de humedad y una humedad relativa del 80 a 85% [7].

III. AGRICULTURA DIGITAL

La agricultura digital nos permite utilizar un sin número de herramientas tecnológicas que se pone a disposición para el mundo del agro, la cual consiste en monitorear diferentes variables del suelo, ambiente, recolectando y analizando los datos.

Es una solución tecnológica que permite por medio de diferentes sensores recopilar información de los factores que afectan a una plantación y enviar los datos a una plataforma intuitiva online para una correcta interpretación y toma de decisiones por parte de los agricultores.

La implementación de esta solución brinda al agricultor una ayuda y acompañamiento en los procesos durante todo el ciclo productivo del cultivo.

Sabemos que el mundo ha venido evolucionando y la agricultura no se podía quedar atrás, siendo uno de los pilares mas importantes en el desarrollo del ser humano. Por lo tanto, la transformación de la agricultura convencional a agricultura digital es una realidad. Es importante conocer cuántos milímetros de agua tiene un terreno, la

velocidad del viento es facto predisponente para la aplicación de un producto foliar, conocer cuando el suelo requiere de agua, o cuando el cultivo esta expuesto a mucha radiación solar. Son factores que ayudan a una correcta toma de decisión para poder actuar ante estas variables que se presentan a diario en las explotaciones agrícolas. Sin duda alguna es una solución que en todo momento permitirá al agricultor tomar mejores decisiones en su día a día.

La tecnología en la agricultura aumenta un mayor rendimiento de los cultivos, mejor la calidad, ayuda a comprender qué factores gobiernan el crecimiento y el rendimiento de los cultivos y garantizar la seguridad alimentaria. Así como también reduce intervenciones humanas bajando el rubro del personal, disminución de la utilización innecesaria de fertilizantes, pesticidas y combustible, reduce las probabilidades de enfermedades o condiciones climáticas adversas luchando contra las sequías, la escasez y el hambre.

Los beneficios que nos brinda esta tecnología es conocer la humedad del suelo, la cantidad de agua presente y su estado energético, determinar la presencia y duración

de la humedad sobre la superficie foliar, programación de riegos y ciclos de fertilizantes acuerdos con las necesidades de la plantación, Mediciones de la cantidad de radiación solar que cae sobre el cultivo, mediciones consecutivas de la cantidad de precipitación en un terreno específico, mediciones de temperatura de suelo y ambiente, mediciones de la presión barométrica, mediciones de la humedad relativa de un lote o terreno, conocer la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, realizar mediciones que permita conocer el grado de infección de una plaga en el cultivo, tener terrenos más productivos, cosechas más rentables, reducción de impacto ambiental y ecológico, mayor control sobre la producción en tiempo real, nos ayuda a prevenir heladas y sequías.

A. ¿Cómo funciona?

La solución de agricultura digital como servicio viene compuesta por 6 capas fundamentales para su desarrollo, que se lo describe en la figura 3.

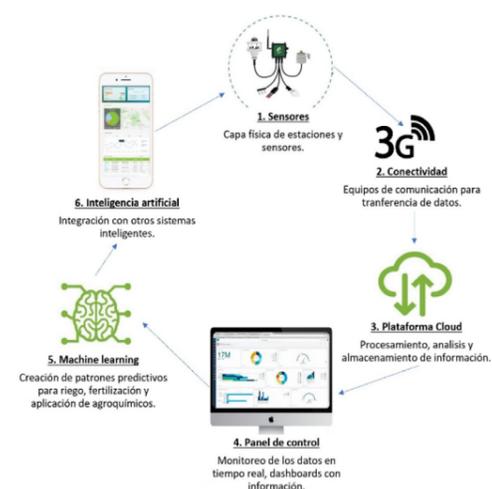


Fig. 3. Esquema del funcionamiento de la agricultura digital.

B. Plataforma módulo agricultura

El software de administración de aplicaciones con énfasis en internet de las cosas - Módulo agricultura -, donde principalmente se usa sensores con capacidad de transmisión, recolección y análisis de datos en varias actividades como: agricultura, acuicultura, avicultura, porcicultura, y en general en todo el ámbito de Internet de las cosas (IoT); ha sido desarrollado con el objetivo de incorporar una única solución con todos los medios y alternativas de administración y gestión de recursos tecnológicos existentes para la gestión empresarial en IoT.

La plataforma módulo agricultura es capaz de crear un ambiente perfectamente estructurado en su organización con la presentación de múltiples particularidades, permitiendo integrar otros dispositivos de múltiples marcas en el área de la Industria 4.0 (IoT) en una única plataforma virtual.

Destacan:

- Panel de visualización y control (Dashboard) vía web.
- Interface de configuración web.
- Multitenencia.
- Visualización de datos en tiempo real.
- Estadísticas sencillas de datos.
- Multilinguaje.
- Administración jerárquica de usuarios.
- Reportes avanzados.
- Notificaciones al buzón de correo electrónico.
- Alertas visuales.
- Capacidad de integración con otros sistemas de control/monitoreo.
- Diversidad de aplicaciones.
- Interconexión entre APIs.

C. Lectura y muestra de información de los sensores

La información recolectada por los sensores se podrá mostrar por medio de:

- Dashboards iniciales, generales para agricultores como personalizables (vía web) según la cantidad de sensores que estén leyendo información.
- Tipos de gráfico: Gráficos continuos, Barras y Circulares.
- Muestra de Gráficos seleccionables mostrando estadística de la variable, en tiempo real y pudiendo seleccionar rangos de minutos y horas (el mismo día) y fechas (comparando entre días, semanas, meses, trimestres, años).
- Muestra de gráficos estadísticos mostrando mínimo, máximo y promedio de cada variable, pudiendo seleccionar rangos de tiempo.
- Poder mostrar la foto del sensor en el interfaz, cuando se selecciona un parámetro para que muestre el gráfico.
- Poder mostrar la foto del producto de cultivo por cada estación de sensores.
- Ciertos parámetros requieren gráficos especiales, como dirección del viento en forma de brújula, presión atmosférica en forma de aguja analógica, batería del panel solar, etc.

D. Información básica en mapas GPS

Uno de los aspectos importantes de la plataforma es el nodo ubicación por GPS de las estaciones instaladas en campo como se observa en la figura 4, permite observar lo siguiente:

- Se muestra la ubicación geográfica de donde está instalado el sensor en un mapa, utilizando acceso a herramientas como google Earth o pudiendo cargar fotos de mapas JPG, GIF, Autocad.
- Muestra la ubicación panorámicamente de varios sets de sensores si están geográficamente cerca o en la misma zona.
- Muestra mapas regionalmente, por ciudad, provincia, país o continente si existen varios sensores conectados geográficamente separados.



Fig. 4. Instalación de sensor en cultivo de pitahaya

IV. ANÁLISIS DE DATOS

Los sensores fueron colocados en el cantón Palora, Provincia Morona Santiago, Ecuador por un periodo de tiempo establecido desde el 29 de enero del 2020 hasta el 31 de marzo del presente año, donde se recolectó, analizó e interpretó la información obtenida de los sensores de suelo y medio ambiente.

A. Pluviosidad

Mediante el sensor pluviómetro se obtuvo los datos de la cantidad de lluvia que

E. Mostrar información básica de tablas

- Muestra tablas de recolección de datos en tiempo real.
- Muestra tablas de información seleccionando solamente ciertas variables y/o cierto rango de tiempo.

F. Internet de las cosas

Un aspecto fundamental en la Industria 4.0 es el Internet de las cosas. IoT es una capa que nos permite interconectar diferentes sensores, maquinarias, equipos entre sí para una función en concreto.

En el campo de la agricultura, IoT permite que sensores, maquinarias, sistemas de riego, equipos fumigadores se puedan conectar entre sí, para optimizar procesos que ayuden a obtener una mayor producción y facilitar la tarea del agricultor en el día a día.

IoT módulo agricultura transforma los datos en productividad en cualquier cultivo, permitiendo ser mas eficiente con los datos recolectados mediante los sensores en campo, creando interacciones entre maquinarias agrícolas, creando patrones predictivos y almacenando la información en plataformas digitales.

hubo en el rango de tiempo establecido y en el lote donde se colocó los sensores, esta información se la recolectó en tiempo real.

Los datos obtenidos de este parámetro fueron los siguientes: el 0 siendo el mínimo representa los días que no hubo lluvia sobre el área medida y 47.5 siendo el dato más alto, obteniendo una media inferior a 7 mm/día ilustrado en la figura 5.



Fig. 5. Datos de la cantidad de lluvia recolectados en el sector de Palora.

B. Radiación solar

Se recolectó los datos obtenidos de la cantidad de radiación solar que hubo sobre el sector medido.

Los datos obtenidos fueron los siguientes: el 0 representa las horas que no hubo radiación solar y 2581.51 PAR siendo el dato más alto, que representa las altas radiaciones que suelen persistir en el cantón en estudio como se puede apreciar en la figura 6.

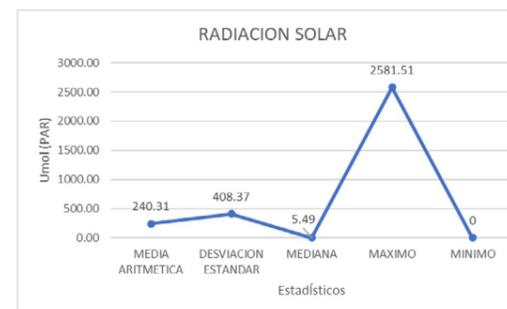


Fig. 6. Datos de la cantidad de radiación solar recolectados en el sector de Palora.

C. Humedad del suelo

Se recolectó los datos obtenidos de las continuas mediciones sobre la humedad que tenía el suelo, para conocer si el cultivo necesitaba algún suministro de agua adicional.

Los datos fueron los siguientes: el 0.17 cb siendo el mínimo representan los días que hubo muy poca humedad y 16.40 cb siendo el

dato más alto. Esto nos indica que la cantidad de agua que cae a través de la lluvia permite al cultivo desarrollarse sin estrés hídricos, cabe mencionar que en el cultivo analizado no cuenta con un sistema de riego instalado, toda el agua que recibe el suelo y las plantas es por las lluvias recurrentes in situ como lo podemos observar en la figura 7.



Fig. 7. Datos de la cantidad de humedad del suelo recolectados en el sector de Palora.

D. Temperatura ambiental

Se recolectó los datos obtenidos de las mediciones sobre la temperatura ambiental sobre el sector de medición.

Los datos fueron los siguientes: el dato 13.61 °c fue el más bajo y representa la temperatura más baja y el 35.09 °c fue el dato más alto sienta la temperatura máxima que se dio en el sector de medición de cultivo. La temperatura es un parámetro influyente en el desarrollo del cultivo, afecta directamente en la transpiración y humedad de este como lo podemos visualizar en la figura 8.

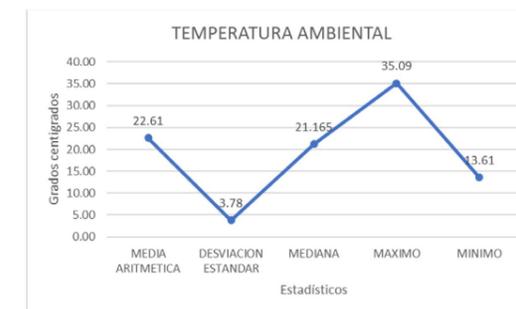


Fig. 8. Datos de la temperatura ambiental recolectados en el sector de Palora.

V. CONCLUSIONES

El cantón Palora presenta una gran cantidad de mm/día de precipitaciones, razón por la cual el cultivo de pitahaya se desarrolla sin suministro de agua adicional. La cantidad de lluvia que cae sobre el cultivo permite satisfacer las necesidades de este para su desarrollo.

El cultivo de Pitahaya en el cantón Palora, tiene una constante exposición de rayos solares (PAR) durante el día, teniendo un pico en las horas del mediodía, 11h00 a 14h00, que le permite a la planta engrosar el fruto y tener una adecuada fotosíntesis.

Los datos obtenidos evidencian que la humedad de suelo siempre estuvo en un rango óptimo de capacidad de campo, con un promedio inferior a 5 centibares.

La temperatura ambiental es un influyente directo en el aumento o mantenimiento de la

humedad del suelo, mientras más temperatura y radiación solar, la humedad del suelo siempre aumenta, por tal motivo el cultivo requiere agua para no sufrir ningún estrés.

El uso de la tecnología en agricultura es fundamental para conocer los datos reales en un cultivo, poder tomar decisiones al instante, disminuir costos de mano de obra, costos de energía, agua y de aplicaciones de insumos agrícolas en todo el ciclo.

La plataforma módulo agricultura, permite realizar análisis estadísticos, con tablas y gráficos, para poder tomar correctivos durante la campaña actual o la siguiente, creando patrones predictivos que nos permitan prevenir heladas, enfermedades, virus, plagas y hasta largas sequías en épocas de temporada seca.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a todo el grupo humano que trabaja día a día en la empresa TELCOMBAS S.A. sin ellos el trabajo no hubiera sido factible realizarlo.

Segundo agradece a la finca Procell de Palora, por abrirnos las puertas de sus instalaciones y confiar en el uso de nuevas tecnologías para la producción de sus cultivos.

Finalmente, agradece a Christian Bascompte CEO de TELCOMBAS S.A. por impulsar este proyecto y siempre tener la mentalidad de no quedarse en la zona de confort, sino siempre apuntar hacia la innovación y el cambio.

VI. REFERENCIAS

- [1] P. Esquivel, Y. Araya, "Características del fruto de la pitahaya (*hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria," *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 3, pp. 114, 2012.
- [2] V. Fuentes, "Etnobotánica de cactaceae en cuba," *Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical*, Ministerio de la Agricultura, C. Habana, pp 23, 2012.
- [3] GAP Municipal Palora, [Online]. Available: <http://www.palora.gob.ec/web/index.php/2016-07-06-18-01-03/ubicacion#:~:text=El%20cant%C3%B3n%20Palora%20se%20encuentra,poder%20utilizar%20Mapas%20de%20Google.> [Accessed: Nov.17, 2020].
- [4] Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAG), "Primer censo de pitahaya," [Online]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/en-palora-morona-santiago-se-realiza-el-primer-censo-de-pitahaya/> [Accessed: Nov.17, 2020].
- [5] G. Orrico, "Respuesta de la pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* L.) a la aplicación complementaria de dos fertilizantes en tres dosis," *Universidad Central del Ecuador*. Quito - Perú, pp 3, 2013.
- [6] Paraiso. 2013. "Ecofinsa frutas ecuatorianas de calidad," [Online]. Available: <http://www.ecofinsa.com/pitahaya> [Accessed: Nov.17, 2020].
- [7] C. Santacruz, C. Santacruz, C. y E. Huerta, "Agroindustrialización de Pitaya," *Bemérita Universidad Autónoma de Puebla- México*, pp 23, 2009.
- [8] L. Penelo, "Pitaya: propiedades, beneficios y valor nutricional," *Revista la Vanguardia*, 2020. [Online]. Available: <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20180720/45956036053/pitaya-fruta-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>. [Accessed: Nov.17, 2020].
- [9] SN, "Pitahaya Amarilla," *Revista Frutas exóticas 10*, 2019. [Online]. Available: <https://frutasexoticas10.com/pitaya/pitaya-amarilla/> [Accessed: Apr.18, 2020].

AUTHOR



Ángel Llerena
Zambrano

Ingeniero Agropecuario, y Master en Tecnología Agroambiental para una Agricultura Sostenible por la Universidad Politécnica de Madrid. Product Manager IoT de la empresa Telcombas S.A. Manejo de distintos cultivos tropicales mediante tecnología IoT para el aumento de producción. Investigador de proyectos relacionados con la aplicación de ozono para el control de la Sigatoka Negra en Ecuador. Amplia experiencia en el análisis de información recolectada a través de sensores con tecnología IoT.