

Innovación en el monitoreo y visualización de variables asociadas al cultivo de *Sechium Edule* var. *virens levis* utilizando el internet de las cosas

Calzada-Lara, G.¹, Hipólito Ortiz Laurel² y Manuel Vichique Alegria²

¹ Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Iturbide No. 73, San Agustín, C. P. 78622, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, calzada.gabriel@colpos.mx

² Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Posgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable, Venta Parada No.11, C.P. 94500, Carretera Córdoba - Veracruz Km. 348.5, hlaurel@colpos.mx, manuel.vichique@colpos.mx

Resumen

La innovación de los procesos productivos en los sistemas agroalimentarios está percibida como un campo de estudio esencial para ofrecer soluciones a la demanda de alimentos en los años por venir. Se pronostica que para el 2030, 582 millones de personas sufrirán desnutrición, lo que subraya la necesidad de innovar en el sector agrícola con herramientas de vanguardia, tales como el internet de las cosas, la inteligencia artificial y sistemas mecatrónicos integrados con el objetivo de incrementar la producción y la calidad de los cultivos. En México, el chayote comestible (*Sechium edule*) es un cultivo importante, destacando al estado de Veracruz como el principal productor nacional, con más del 80% de la producción en 2022. La tecnificación del cultivo a través de “tapancos” ha mejorado la producción en esta región desde los años 30, pero, aún existen muchas oportunidades para aplicar tecnologías de vanguardia que puedan ayudar en esta actividad económica. Si bien existen desarrollos en genética, maquinaria y planeación de cadenas productivas, aún es posible añadir al cultivo de chayote, sistemas mecatrónicos que permitan al productor hacer un monitoreo en tiempo real de su cultivo y, por ende, mejorar la planeación de actividades y los costos que esto implica. Se comparte la primera etapa de un proyecto que tiene como objetivo proponer una novedosa herramienta tecnológica basada en información capturada en campo; se utilizan tecnologías novedosas las cuales pueden apoyar a los productores de chayote en la mejora de la toma de decisiones para el manejo del cultivo. Fue posible realizar un seguimiento del crecimiento de la planta de chayote usando una cámara inalámbrica a 200 metros del punto de acceso de internet más cercano; los instrumentos construidos a medida para la aplicación trabajaron sin problema durante el desarrollo de sus tareas. Finalmente fue posible mostrar gráficamente los datos ambientales del área experimental a través de una herramienta que funciona en línea.

Palabras clave— Agricultura inteligente, cultivo de chayote, internet de las cosas, monitoreo de cultivos agrícolas.

Abstract

Production processes innovation in agri-food systems is perceived as an essential field of study to offer solutions to the demand for food in the next years. It is predicted that by 2030, 582 million people will suffer from malnutrition, which underlines the need to innovate in the agricultural sector with novel tools, such as the internet of things, artificial intelligence and integrated mechatronic systems in order to increase crop production and quality. In México, edible chayote (*Sechium edule*) is an important crop, highlighting the Veracruz state as the main national producer, with more than 80% of production in 2022. Technification of the crop through “tapancos” has improved production in this region since the 1930s, but there are still many opportunities to apply novel technologies that can help in this economic activity. Although there are developments in genetics, machinery and production chain planning, it is still possible to add mechatronic systems to the chayote crop that allow growers to monitor their crop in real time and, therefore, improve the planning of activities and the costs involved. The first stage of a project that aims to propose a novel technological tool based on information captured in the agricultural field was shared; innovative technologies are used that can support chayote growers in improving decision making for crop management. It was possible to monitor the growth of the chayote plant using a wireless camera 200 meters from the nearest internet access point; the custom-built instruments of the application worked without problems during the development of their tasks. Finally, it was possible to graphically display the environmental data of the experimental area through an online tool.

.....
Keywords— Smart agriculture, Internet of Things, Chayote cultivation, crop monitoring.

I. INTRODUCCIÓN

La FAO proyecta que en 2030 habrá 582 millones de personas con alto índice de desnutrición, lo que resalta la necesidad de acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios para mejorar su resiliencia y abordar las desigualdades y problemáticas que limitan el acceso a una alimentación saludable y asequible [1]. Desafortunadamente, la industria agroalimentaria actual enfrenta varios desafíos, entre ellos el cambio climático, el crecimiento urbano, la escasez de

agricultores capacitados y la disponibilidad limitada de mano de obra. Hay que añadir a esto la necesidad de implementar nuevas prácticas que nos encaminen como sociedad a una agricultura sostenible que genere un suministro alimentario suficiente para todos. Por ello, se requiere mejorar las prácticas agrícolas mediante la adopción de sistemas de agricultura inteligente [2]. Usar técnicas y métodos innovadores con apoyo de tecnologías, como los sensores remotos y el Internet de las Cosas, puede facilitar las labores e incrementar la productividad de los cultivos en contraste con las prácticas agrícolas

convencionales. Aplicar estas técnicas en entornos controlados es clave para optimizar tanto la calidad como la cantidad de los productos agrícolas [3]. De igual manera es muy importante contrastar que a pesar de las necesidades antes planteadas aún no se ha visto un desarrollo en las ofertas de trabajo enfocadas en el internet de las cosas con relación a la agricultura, como ejemplo, en Estados Unidos, en marzo de 2024, menos del 5% de 2125 ofertas de trabajo para un puesto relacionado con la definición “IoT Engineer” estaban relacionadas con la agricultura [4].

El cultivo de chayote (*Sechium Edule*) es una actividad de importancia en México, siendo ésta la responsable de producir 196,465.85 toneladas de dicho fruto, generando un valor de producción de \$1,267,886,400 M.N. en el año 2022 de acuerdo con SAGARPA a través del portal de SIAP. Se debe destacar también que México ocupa los primeros lugares en producción y exportación de chayote verde liso (*Sechium edule* var. *virens levis*) a nivel mundial con 53% del mercado, ya que se ha aprovechado su papel como centro de origen y domesticación y la predominante diversidad biológica. Veracruz es un referente en la producción y exportación de chayote, siendo el primer lugar en con más del 80% del total de acuerdo con SAGARPA y la información dispuesta en el SIAP para el año 2022[5]. Dicho logro se ha conseguido desarrollando la tecnificación del método de producción mediante “tapancos” en las zonas de Orizaba [6] y Coscomatepec [7], impulsando su uso en los municipios productores de la zona geográfica conocida como Altas Montañas, de los cuales se incluyen, pero no se limitan a Huatusco, Ixtac, Cuautlapan, Actopan y los antes mencionados. Se considera que las variables ambientales que influyen en el desarrollo del fruto de *Sechium edule* pueden ser temperatura y humedad ambiental, precipitación y fotoperiodo. Se considera que para un crecimiento óptimo de la planta se requiere una temperatura en un rango adecuado de 26-32 °C, ya que esta influye significativamente en el desarrollo y la fructificación del chayote y también, una temperatura fuera de rango podría generar alteraciones no convenientes en el desarrollo de la planta. De igual manera el chayote requiere una humedad ambiental de 80-90 % ; la planta es muy susceptible a la sequía y al exceso de humedad, por lo que es crucial mantenerla hidratada, dado que la composición de esta en general oscila entre el 90-94 % de agua en los tejidos. También, la precipitación para *Sechium edule* debe ser de una media anual entre 1500 y 2000 mm, hay que tomar en cuenta que una distribución adecuada de la precipitación es crucial; el chayote requiere hasta cuatro millones de litros de agua por hectárea durante sus fases fenológicas. Finalmente, debe considerarse el fotoperiodo; la planta de chayote requiere hasta 12 horas de luz diaria; la cantidad de luz diaria es un factor crucial que desencadena la floración y, por ende, la producción de frutos. Un fotoperiodo adecuado asegura que las plantas reciban suficiente luz para crecer de manera óptima y realizar sus procesos metabólicos de manera adecuada. [8]

Se puede mencionar también que han existido esfuerzos para tecnificar y mejorar toda la cadena productiva del chayote, desde la generación de cultivares de alta importancia para la exportación, el desarrollo de maquinaria y patentes; hasta la

planeación estratégica en las cadenas de suministro [9]. Este trabajo pretende brindar un enfoque de oportunidad para el desarrollo de tecnologías que ayuden al ciclo de cultivo de chayote, e igualmente, poder ser un referente como metodología para replicarse en otros cultivos.

II. NECESIDADES EN EL CICLO PRODUCTIVO DE CHAYOTE

Como se mencionó anteriormente, la actividad económica del chayote es de gran importancia para el estado de Veracruz, esto debido a que es el producto con el 4° lugar en valor de la producción hasta el año 2022 (superado por caña de azúcar, limón y café). Actualmente, esta actividad se ve afectada por aspectos tales como la falta de mano de obra, fluctuaciones en el mercado y condiciones ambientales.

Respecto a este último punto, es sabido que la planta de chayote y su producto son fácilmente afectados por pestes y agentes dañinos los cuales disminuyen tanto el rendimiento como la calidad del fruto, y de igual manera, el cambio climático puede repercutir en el suministro de agua en días de altas temperaturas o en inundaciones y pérdidas de huertos cuando hay exceso de lluvia. Si bien existe el manejo cultural de los tapancos de chayote (poda selectiva, manejo de malezas), no es posible para los productores prever todas las consecuencias por afectaciones ambientales a la planta, y, por lo tanto, su toma de decisiones y planeación a corto y mediano plazo pueden no ser precisas, afectando a su economía y disminuyendo la confiabilidad en esta actividad. Debido a esto la finalidad de este trabajo es proveer opciones tecnológicas que ayuden a prevenir afectaciones en la primera etapa del ciclo productivo de chayote, es decir, monitorear las variables que influyen tanto en el desarrollo de la planta, sus frutos y en los vectores que pueden dañar o diezmar la producción.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Objetivo, Alcances y Limitaciones del Experimento

Diseñar, construir, programar e implementar un sistema mecatrónico el cual integre un conjunto de tecnologías con las facultades facilitadas para registrar y visualizar información importante relacionada a la capacidad productiva y de calidad del chayote comestible verde liso con el fin de apoyar a los productores en su toma de decisiones.

Los alcances en trabajo presentado incluyen los requerimientos técnicos para integrar servicios y sistemas de adquisición de datos en campo para un tapanco experimental de chayote considerando las posibles adversidades que pudiesen afectar en el funcionamiento de los componentes e instalación.

Una de las limitaciones en este estudio es el uso de una sola unidad experimental de un tapanco de configuración de 8 metros por 8 metros, sin embargo, esto no limita a que los procedimientos de instalación y desarrollo de tecnología pueden ser replicables en tapancos de medidas diferentes, e inclusive a otros tipos de instalaciones tecnificadas para cultivo, como kiwi o tomate, entre otros. Igualmente, esta es una primera etapa de construcción y evaluación de componentes e instalaciones, por lo que los trabajos a futuro tendrán más información relevante para la finalidad del experimento.

B. Ubicación y Descripción del Área Experimental

El área experimental se encuentra en el municipio de Coscomatepec, Veracruz, dentro del rancho La Noria, calle 16 de septiembre número 1 colonia Lázaro Cárdenas, coordenadas 19°04'33"N 97°01'38"W, a cargo del señor José Miguel Martínez González, quien es productor de chayote liso verde.

El experimento se desarrolló sobre una instalación aérea denominada “tapanco” de 8 metros de largo por 8 metros de ancho para chayote comestible de variedad virens levis. Esta estructura está sostenida por 9 postes de inyección plástica la cual genera 4 cuadrantes de 4 metros por 4 metros cada uno. Los postes están sujetos entre sí mediante alambre de púas de 3.26 mm de diámetro aproximadamente y alambre galvanizado de un diámetro de 3,26 mm. Junto con esto hay varias líneas de alambre de 0.8120 mm las cuales tienen la finalidad de sostener el follaje de la planta para realizar el manejo, ya sea poda o cosecha. Para este caso, tal como se muestra en la Fig.1, la planta de chayote fue ubicada en el centro geométrico del tapanco y a un costado del poste central.

Distancia entre postes = 4 metros

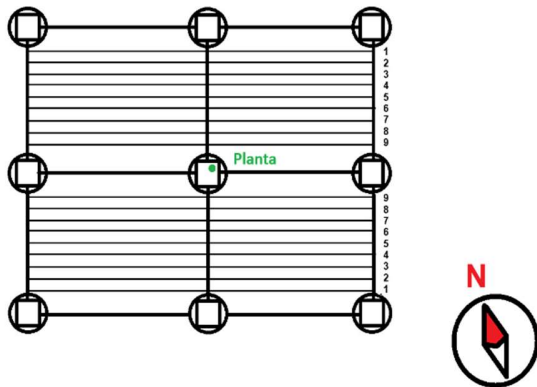


Fig. 1. Tapanco de chayote de distribución “8 por 8” vista superior.

C. Descripción del Experimento

La metodología aplicada en este proyecto consiste en el diseño, construcción, programación e implementación de un conjunto de dispositivos que permiten registrar información ambiental y de desarrollo de chayote comestible verde liso en campo. La Fig. 2 muestra los requerimientos iniciales y la disposición de los sistemas de adquisición de datos en el tapanco experimental.

Se propuso la construcción de sondas o sistemas de adquisición de datos a la medida para registrar esta información mediante Wifi, una plataforma para visualización de estos datos y la instalación de servicios para su adecuado funcionamiento

D. Construcción de Sistemas de Adquisición de Datos

De acuerdo con la investigación antes mencionada se determinó que las variables ambientales a recopilar serían: temperatura ambiente, humedad relativa, exposición a la luz y variación en el peso de los alambres del tapanco de la planta de chayote. Se requería de un sistema que pudiera soportar las adversidades de campo en Coscomatepec (humedad relativa alta, lluvias torrenciales, baja temperatura). Debido a esto se optó por construir un sistema de adquisición de datos que cumpliera con las particularidades del experimento.

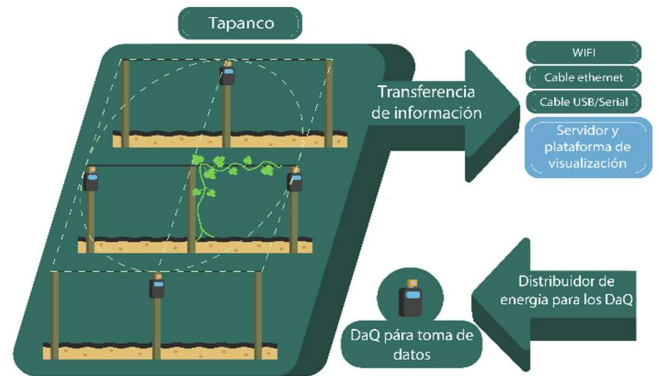


Fig. 2. Disposición de elementos para el experimento

El primer paso fue el diseño de un circuito que tuviera comunicación con módulos prefabricados para la adquisición de la información. Se seleccionó como componente central del circuito la placa tipo Wemos mini R2, la cual cuenta con conectividad Wifi ya que integra el microcontrolador ESP8266 con arquitectura de 32 bits. Alimentación mínima de 3.3 V hasta 12 V. Posee varios pines configurables E/S: Tiene 11 pines GPIO (entrada/salida), con soporte para I2C (el protocolo más importante para este caso), SPI y UART. Además, la placa es relativamente pequeña y es fácil de montar en sistemas embebidos. Para el registro de variables se seleccionaron módulos electrónicos preensamblados, tal es el caso del módulo sensor AHT30 que puede realizar lecturas de temperatura ambiente desde -40°C hasta 80°C (error de ±0.3 °C) y humedad relativa de 0% a 100% (error de ±2%) y posee comunicación I2C la cual facilita mucho el desarrollo de aplicaciones como ésta.

El registro de exposición a la luz se realizó mediante una fotocelda de 100 kΩ configurada como divisor de voltaje con una resistencia de 1kΩ en la entrada analógica al pin A0 de la placa Wemos, esto si bien aún no está relacionado a una escala de medición como Lumens o Armstrongs (lo cual se hará en trabajos a futuro una vez se evalúe la factibilidad de esta opción), permite apreciar la exposición a la luz en diversos puntos del tapanco.

Para el aumento o variación en el peso de la biomasa soportada por el alambrado del tapanco se optó por disponer una celda de carga modelo Sen-10245 en conjunto al módulo HX711 el cual permite visualizar la variación que se tiene en un punto de carga del tapanco. La calibración de estos componentes se hizo aplicando 25 kg en una prueba de tensión inicial la cual es idéntica a la que serán sometidas las galgas en la estructura del tapanco. Finalmente, se añadió una pantalla OLED SSD1306 128X32 la cual permite visualizar los datos registrados en tiempo real.

La Fig. 3 muestra el primer circuito propuesto con el montaje de estos componentes en conjunto con una batería de litio modelo 16340, un módulo de carga para este tipo de batería y un switch para su activación. Se menciona que en esta etapa de desarrollo el circuito aún no se había integrado el módulo HX711, aunque ya se había probado para conocer su funcionamiento.

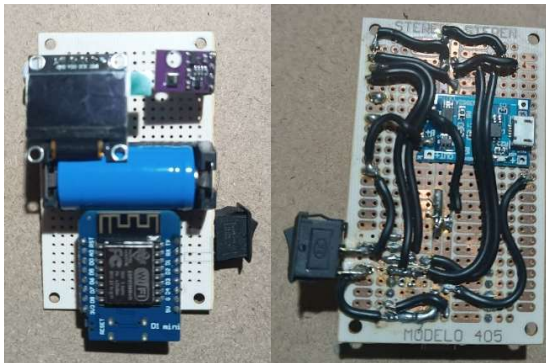


Fig. 3. Primer prototipo construido para la adquisición de datos, frente y atrás

Para facilitar el ensamble de los módulos de adquisición de datos, se diseñó y fabricó una placa de circuito impreso o PCB por sus siglas en inglés. A esta PCB se añadieron las conexiones para el módulo HX711, conexiones auxiliares en caso de necesitar expandir los componentes conectados a la placa, pines para 3 baterías modelo 18650 las cuales pueden mantener al módulo de adquisición de datos trabajando durante 2 días aproximadamente y barrenos de montaje. En la Fig. 4 se ilustra parte del diseño de la PCB y su resultado final.

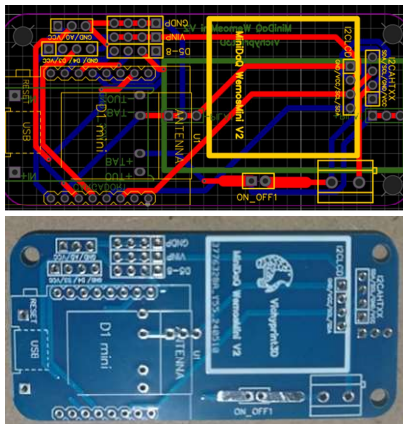


Fig. 4. Arriba, diseño en software de la PCB, abajo, placa final

Se utilizó una caja de ABS para uso exterior y una tapa diseñada a la medida para sostener la PCB y sus componentes, esta tapa fue impresa en 3D mediante FDM (deposición de material fundido por sus siglas en inglés) con Ácido Poliláctico (PLA). Similar a la tapa, se diseñó e imprimió un soporte para las celdas de carga; este soporte fue impreso con material Tereftalato de Polietileno Modificado con Glicol (PETG) el cual posee propiedades mecánicas más resistentes que el PLA. La Fig.5 muestra estos accesorios y el resultado final de una sonda.



Fig. 5. Sistema de adquisición de datos terminado, accesorio de PETG para galga Sen-10245 (color amarillo), tapa diseñada e impresa con PLA (color negro).

Para la configuración del funcionamiento de estos dispositivos se optó por usar una plataforma en línea la cual integra tanto el IDE de programación como la interface para mostrar los datos registrados para propósitos prácticos. En esta plataforma se realizaron 6 códigos independientes (uno por sonda con su respectiva calibración), y sus correspondientes paneles de visualización en línea.

IV. INSTALACIÓN DE SERVICIOS EN CAMPO

Para energizar adecuadamente los sistemas que se instalarían en la zona experimental fue indispensable disponer de energía eléctrica y comunicación a internet. El dueño del terreno de producción facilitó el acceso a la red eléctrica y a su servicio de internet personal, aun así, se tuvo que realizar una instalación de cable dual de aluminio de 4.11 mm de diámetro a través del área de producción de chayote del productor, lo que implicó casi 200 metros de cable. Una vez realizada la conexión eléctrica se conectó una fuente de 5 V a 20 A para energizar más adelante las sondas que se instalarían en el tapanco.

El acceso a internet se realizó mediante la instalación de diversos componentes como módems y antenas de largo alcance para terminar con un punto de acceso junto al tapanco experimental, esto para conectar cada instrumento de forma individual y que la información registrada fuera almacenada de forma independiente por sonda. Se logró una velocidad de 80 Mbps cuando se terminó esta instalación, esta velocidad en conjunto con la plataforma web utilizada permite actualizar los datos almacenados hasta 1 vez cada 6 segundos. La Fig. 6 ilustra mediante una vista aérea en Google Earth la instalación de servicios para llevar a cabo el experimento.

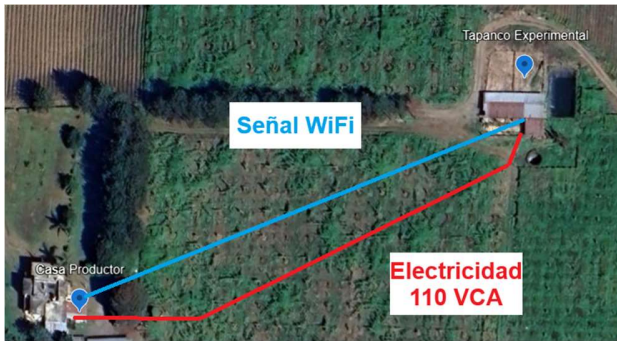


Fig. 6. Servicios instalados para el área experimental

Finalmente se instaló una cámara para monitorear el crecimiento de la planta de chayote, con ellas es posible realizar estudios que involucren el análisis de imágenes y, en un futuro será posible generar más información acerca del desarrollo de la planta utilizando más dispositivos multimedia. La Fig. 7 muestra algunas de las imágenes capturadas por la cámara instalada en el tapanco experimental, se aprecia el aumento de biomasa desde el día 7 de julio hasta el 23 de agosto.



Fig. 7. Imágenes de crecimiento de planta de chayote

V. RESULTADOS

Fue posible construir un sistema de adquisición de datos en campo basado en el controlador ESP8266 con el cual es posible monitorear de forma continua la temperatura ambiental, humedad relativa, exposición a la luz y peso de biomasa en el alambrado del tapanco. La información ha fluido de manera constante y segura y se ha podido apreciar parcialmente el desarrollo de la planta de chayote y sus frutos con el apoyo de la instalación de la cámara. La Fig. 8 muestra la disposición final de los primeros componentes colocados en uno de los postes del tapanco, y se considera esta disposición como la óptima para realizar esta integración en trabajos futuros.

Cabe mencionar que el sistema trabajó sin requerir un mantenimiento exhaustivo, salvo problemas de sulfatamiento de terminales eléctricas (problemas que fueron resueltos durante esta etapa de evaluación) a pesar de su relativo bajo costo, la exposición a la fauna silvestre y a condiciones climáticas a campo abierto. Esto debido al cuidado que se tuvo al construir los sistemas electrónicos y cuidar el aislamiento del interior de las sondas hacia el exterior.

La Fig. 9 muestra los datos recuperados por la sonda donde se aprecia la humedad ambiente, temperatura, exposición a la luz, peso calculado del amplificador HX711.

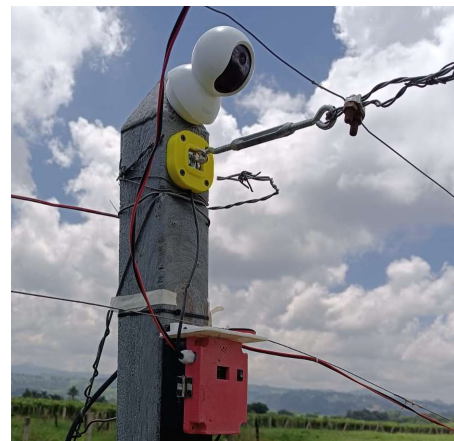


Fig. 8. Cámara, galga Sen-10245 con accesorio y sonda de monitoreo



Fig. 9. Interfaz de visualización de datos registrados en una sonda del tapanco experimental

VI. CONCLUSIONES

Los avances en el desarrollo de infraestructura, módulos y componentes electrónicos permiten integrar tecnologías emergentes en sistemas de producción agrícolas con el fin de conseguir información que apoye a la toma de decisiones, monitoreo del desarrollo vegetal de una planta con sus frutos, y posibles condiciones que pueden promover el desarrollo de plagas y demás agentes dañinos. Tal como los módulos para registro de información construidos en esta entrega, es necesario contemplar las necesidades del cultivo y las adversidades ambientales a las que los instrumentos estarán sometidos para garantizar un flujo de datos constante debido a que esta información puede ser analizada mediante métodos estadísticos que podrían ayudar en la toma de decisiones de los productores de chayote. Los recursos multimedia como las fotografías tomadas por la cámara en este trabajo son un recurso muy útil en el seguimiento del desarrollo de un cultivo, este material puede ayudar a una rápida identificación de características o afectaciones de la planta, y gracias al etiquetado por fecha, es posible tener un registro confiable que sirva para diagnósticos a futuro o bien generar un archivo histórico. Cabe mencionar que es factible replicar las tecnologías y procesos de este trabajo en otros cultivos, esto gracias a que un punto innovador de este desarrollo es monitorear y predecir los cambios de biomasa sostenida en el

alambrado del tapanco, lo cual podría ser un diferenciador con respecto a otros sistemas existentes en el mercado. Finalmente, en esta primera entrega se han logrado implementar las bases para seguir con el desarrollo del proyecto, por lo que el siguiente paso apunta al desarrollo de modelos predictivos de producción en tiempo real basándose en los cambios en el peso del alambrado del tapanco y muy posiblemente, la mejora de los módulos de adquisición de datos para aumentar la confiabilidad en el proceso de monitoreo del cultivo de chayote.

REFERENCIAS

- [1] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2024). The state of food security and nutrition in the world 2024: Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd1254en>
- [2] N. ElBeheiry and R. S. Balog, "Technologies Driving the Shift to Smart Farming: A Review," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 23, no. 3, pp. 1752-1769, 1 Feb.1, 2023, doi: 10.1109/JSEN.2022.3225183
- [3] Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- [4] M. Kassab and J. F. DeFranco, "Unlocking the Internet of Things Engineering Job Market," in *Computer*, vol. 57, no. 6, pp. 137-140, June 2024, doi: 10.1109/MC.2024.3389409.
- [5] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Valor de la producción nacional, Módulo Agrícola producción estatal Producción anual de chayote sin clasificar. SIACON
- [6] Salvador Almazan, Areli Jazmin. (2014). "Fenología del cultivo de chayote bajo las condiciones agroclimáticas de la region de Coscomatepec, Alpatláhuac y Huatusco, Veracruz". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/286038ASDA>
- [7] Cisneros Solano, V. M. (2003). La producción de chayote en Coscomatepec, Ver. Y la necesidad de ordenamiento territorial (Doctoral dissertation).
- [8] Avendaño-Arrazate, C. H., Cadena-Iñiguez, J., Arevalo-Galarza, M. L. C., Campos-Rojas, E., Cisneros-Solano, V. M., & Aguirre-Medina, J. F. (2010). Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, AC.
- [9] Cadena Iñiguez, J., & Arévalo Galarza, M. L. C. (2010). GISeM: Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 1: Chayote. Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C.; Colegio de Postgraduados. ISBN 978-607-7533-80-1.