

SISTEMA WEB DE SOPORTE DE DECISIONES BASADO EN DATOS FÍSICO-QUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE ORNAMENTALES¹

[DECISION-MAKING WEB SYSTEM BASED ON RECORDS OF PHYSICAL AND CHEMICAL DATA FOR ORNAMENTAL PLANTS PRODUCTION]

Mónico Joel Sánchez Velasco¹, Nicandro Farías Mendoza², Patricia Elizabeth Figueroa Millán^{2§}, Juan García Virgen², J. Reyes Benavides Delgado²

¹Estudiante, Maestría en Sistemas Computacionales. Tecnológico Nacional de México/I.T. Colima. ²Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación-I.T. Colima. Villa de Álvarez, Colima. C.P. 28976.

[§]Autor para correspondencia: (patricia.figueroa@itcolima.edu.mx).

RESUMEN

La producción de ornamentales en el estado de Colima es una de las principales actividades económicas que implica usar grandes cantidades de agua, procesar datos físico – químicos y tomar decisiones para mantener los parámetros normales del crecimiento de los ornamentales; a través de un proceso empírico y sin mecanismos automatizados para el uso sustentable del agua, ya que el riego se planifica sin considerar las variables físico – químicas involucradas en su producción. Este trabajo de investigación, aún en proceso, describe el desarrollo de un sistema web para la toma de decisiones basado en los datos físico-químicos de la producción de plantas ornamentales en los viveros del municipio de Coquimatlán, aplicando la metodología de Proceso Unificado Ágil (PUA) y tecnologías de desarrollo web como Python y HTML5 respectivamente. Gracias al programa de Becas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Colima, se logró contribuir con un sistema web que permite un buen control y uso adecuado de los insumos y recursos hídricos en la producción de ornamentales; permitiendo la adquisición eficiente de información y sirviendo como apoyo en la toma de decisiones con base en los resultados parciales del sistema.

Palabras clave: agricultura protegida, plantas ornamentales, recursos naturales.

ABSTRACT

The production of ornamental plants in the state of Colima is one of the main economic activities, which involves using large amounts of water, processing physical-chemical data and making decisions to maintain the normal parameters of ornamental growth. However, this process does not have systematized mechanisms for the sustainable use of water, since irrigation is not planned considering the physical-chemical variables involved in its production but is performed empirically. This research work, still in process and located in the greenhouses of ornamental plants in the municipality of Coquimatlán, presents a web system for decision-making based on the historical physical-chemical data of the production of ornamental plants, developed by applying the Agile Unified Process (PUA) methodology, in conjunction with web development technologies for the back-end such as Python and HTML5 for the front-end. Thanks to the support of the National Council of Science and Technology through its Scholarship program and the National

¹ Recepción: 14-mayo-2019
Aceptación: 06-noviembre-2019

Technological Institute of Mexico campus of the Technological Institute of Colima, it was possible to contribute so far with this web system in a good control of water resources and supplies for the production of ornamental plants, avoiding their inappropriate use; allowing the efficient acquisition of information and serving as support in decision making based on the partial results of the system.

Index words: natural resources, ornamental plants, protected agriculture.

INTRODUCCIÓN

En México el procesamiento de datos, en conjunto con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como soporte para la toma de decisiones son pieza clave para la mejora de los procesos productivos, permitiendo la obtención de producciones de calidad Moreno *et al.* (2011). Permite que los productores puedan desempeñar actividades productivas rentables optimizando sus procesos y el aprovechamiento de los recursos naturales e insumos disponibles. A esto, se le conoce hoy en día como agricultura de precisión, la cual desempeña un papel importante para alcanzar este objetivo. Ésta establece la realización de una práctica agrícola en el momento adecuado, en el lugar correcto y con la intensidad adecuada, usando tecnologías digitales para optimizar los procesos de producción; mientras que, se minimizan los impactos adversos en el medio ambiente gracias a la reducción de insumos y recursos naturales (Ezenne, *et al.*, 2019).

La agricultura de precisión está estrechamente relacionada la agricultura protegida, dentro de la cual se tiene la producción de plantas ornamentales. Éstas son usadas con fines decorativos aplicados a diferentes entornos. En la república mexicana es la actividad de más alta rentabilidad económica dentro del sector agrícola, ya que el valor de la producción de cultivos ornamentales por unidad de superficie es el más alto en comparación con otros grupos de cultivos (INEGI y El Colegio de Postgraduados, 1998).

El conocimiento del comportamiento de las variables físico – químicas permite tomar decisiones prácticas preventivas y oportunas, para hacer eficiente el proceso productivo y mejorar la calidad de los productos, permitiendo el buen manejo de los recursos naturales como el agua, la cual en cantidades desproporcionadas puede desarrollar casos de estrés, como un crecimiento y florecimiento inadecuado; afectando como resultado la rentabilidad de la actividad económica. Ante esto, la aplicación de tecnologías para agricultura de precisión se propone y se convierte en una de las tecnologías necesarias para la recolección de datos desde el campo de cultivo, los cuales son utilizados para la toma de decisiones inteligentes sobre el uso de recursos naturales e insumos en los procesos de producción a través del uso de las TIC y los Sistemas para el Soporte de Decisiones (DSS, por sus siglas en inglés) (Orozco y Llano-Ramírez, 2016).

Actualmente existen soluciones enfocadas en el soporte a la toma de decisiones con base en los datos históricos de las variables físico – químicas; sin embargo, hasta donde se tiene conocimiento, éstas son muy generales dentro del tema de la agricultura e inadecuadas para su contextualización en la producción de plantas ornamentales. Bourgeois *et al.* (2015) presentan el desarrollo de un DSS para agricultura de precisión, desarrollado para un proyecto del departamento de Agricultura de los Estados Unidos, para riego inteligente. Éste adquiere información de sensores de temperatura y humedad desplegados en un campo a través de una red inalámbrica de sensores y el uso de una nube de datos; sin embargo, este sistema no incluye tecnología de bajo costo ya que está montado en infraestructura no accesible para México. Wallhead y Zhu (2017) presentan una revisión de

cuatro DSS incluyendo Ag-Radar, Newa, RIMpro y Skybit, candidatos potenciales para la producción de plantas en viveros ornamentales. Éstos fueron desarrollados previamente para que los agricultores de huertos pudieran manejar eficazmente las enfermedades de las plantas a través de la adquisición histórica del clima; su principal limitación es su orientación únicamente para el monitoreo de enfermedades y plagas y no para el monitoreo de variables que afectan la producción de plantas. Adinarayana *et al.* (2012) presentan el diseño de un DSS para observar y predecir incidencias de plagas en los cultivos de arroz. Cárdenas-Tamayo *et al.* (2010) implementan un DSS para fertilización, control de crecimiento de cultivos y predicción de enfermedades usando sólo sensores de temperatura y humedad, dejando de lado otras variables físico - químicas importantes para la producción de cultivos. Cobos *et al.* (2007) proponen el desarrollo de un DSS para apoyar a agricultores e investigadores en la identificación de técnicas de cultivo en invernaderos más eficientes a partir del análisis de los datos recolectados por los sistemas de monitoreo; sin embargo, éste se enfoca en los procesos de trazabilidad hacia atrás como la identificación de la procedencia de la semilla, del árbol específico de donde fue tomada, los tratamientos pregerminativos y de repique aplicado, el sistema de siembra y los sustratos utilizados, entre otras.

Como se puede observar, a través de un análisis cualitativo de las soluciones antes expuestas, existen algunos DSS orientados a la producción de ornamentales; sin embargo, éstos están contextualizados principalmente para la detección de enfermedades y plagas, o para casos muy específicos como la identificación de técnicas de cultivo y no para el monitoreo de las variables físico- químicas involucradas en la producción y el uso eficiente de los insumos y recursos naturales. Además, éstas no proporcionan un análisis completo de la información histórica y se basan en infraestructuras no disponibles para México y de alto costo. Por lo tanto, en esta investigación se propone un sistema web a bajo costo para la toma de decisiones basado en el histórico de datos físico – químicos de la producción de plantas ornamentales; cuyo objetivo principal es ser un soporte para el agricultor para hacer un uso eficiente de los recursos naturales y de los insumos de producción como fertilizantes, pesticidas y herbicidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en los invernaderos de plantas ornamentales en el municipio de Coquimatlán, Colima, en la empresa Plantas Ornamentales de Colima S.P (ORNACOL); empresa colimense dedicada a la producción de plantas ornamentales. La metodología utilizada para el desarrollo el sistema web descrito se fundamentó en una investigación mixta como se muestra a continuación:

Investigación de campo

Se visitó el lugar en donde se llevó a cabo la investigación, permitiendo observar el proceso y muestreo calendarizado de los datos físico-químicos de manera manual en los invernaderos para cada una de las zonas de producción. Además, se realizó levantamiento de requisitos con base en la normativa del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), observándose los resultados del mal soporte en la toma de decisiones y evidenciando así los altos consumos de agua y la presencia de problemas de desarrollo de las plantas.

Procesamiento y análisis estadísticos de datos

La información recolectada se analizó y sirvió como fundamento para definir los requisitos funcionales y no funcionales del sistema web; permitiendo comprender el proceso de flujo que debe seguir la información recopilada en el módulo de censado. Las variables físico – químicas a tomar en cuenta, consideradas para la producción de plantas ornamentales son: pH entre 5.5- 6.5, conductividad eléctrica entre 1.5-2 y humedad entre 65-100% cuyos parámetros son establecidos por los dos productores entrevistados. Para la elección tanto de los productores como de las plantas seleccionadas para muestreo, se consideró una muestra no probabilística de la población objetivo, acorde a lo que dice Hernández-Sampieri *et al.* (2013), ya que su elección no depende de la probabilidad, sino de las causas relacionadas con las características de la investigación. Acorde a esto, se seleccionaron a los dos productores principales de ornamentales en el estado, debido a que éstos tienen la mayor cantidad de superficie de producción y mayor cantidad de especies producidas. Por otro lado, se seleccionó aleatoriamente un grupo de 10 plantas de cada especie por cada área del vivero, siendo éste el proceso manual no automatizado que se realiza en el vivero acorde a su conocimiento empírico; por lo tanto, la elección de las plantas para medir el impacto de la automatización del proceso productivo antes y después de la implementación del sistema propuesto se realizó acorde a esto.

Investigación documental

Un DSS es un sistema de información computacional que soporta actividades de negocios o de toma de decisiones. Éstos ayudan a las personas a tomar decisiones con base en la información recolectada; además, éstos toman información y resuelven problemas. Proporcionan un almacenamiento y obtención de datos, pero enriquecen el acceso tradicional a la información con el soporte de asistencia, administración y planeación en diversas disciplinas, las cuales hacen uso de los DSS para establecer enfoques para la realización inteligente de decisiones Bourgeois *et al.* (2015). Un DSS debe estar compuesto de cuatro componentes principales: una base de datos, un modelo base, conocimiento base y una interfaz gráfica de usuario. La funcionalidad de la base de datos es almacenar, obtener y organizar los datos que serán utilizados como información para la toma de decisiones en el componente del motor del conocimiento. La base del modelo consiste en las capacidades analíticas de los modelos cualitativos. La funcionalidad del motor de conocimiento está diseñada para gestionar el proceso de resolución de problemas, el reconocimiento de problemas y la generación de una solución final. El componente de interfaz de usuario está diseñado para facilitar la interacción de los usuarios con el sistema (Taechatanasat y Armstrong, 2014).

Modelado

El modelado del sistema web se llevó a cabo a través de la descripción de tres bloques fundamentales que conforman el flujo de datos a través del sistema, siendo éstos los siguientes: adquisición de datos, procesamiento y adquisición del conocimiento; también se representan los procesos que se llevan a cabo para que el sistema pueda dar soporte a una decisión y se define qué es lo que se lleva a cabo en cada bloque del sistema mediante, dando como resultado un modelo conceptual (Figura 1).

Implementación

El desarrollo e implementación del sistema web fue realizado considerando los requerimientos, objetos y métodos; usando herramientas de programación orientadas a web tales como Python y el toolkit de Pandas para el desarrollo del sistema web y el análisis de los datos almacenados en el back-end, respectivamente. Además, se utilizó HTML5 (JavaScript + HTML) para el desarrollo del front-end del sistema, haciendo visibles los resultados en internet desde de un host.

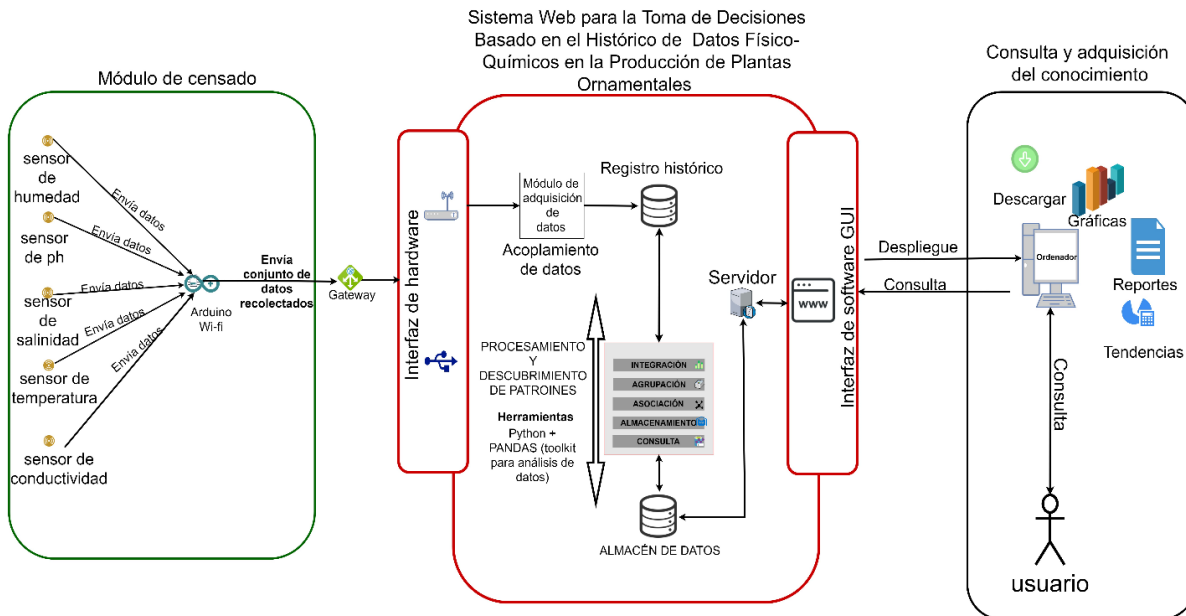


Figura 1. Modelo conceptual del sistema web (fuente: propia).

Pruebas y despliegue

La fase de pruebas está en desarrollo, mediante la aplicación de pruebas de estrés, rendimiento y soporte de flujo, por mencionar algunas.

El sistema web está actualmente alojado de manera temporal en un servidor de desarrollo implementado en Python; el cual es un servidor ligero que el mismo lenguaje tiene embebido para el desarrollo de proyectos en el cual se hacen las pruebas y modificaciones correspondientes, posteriormente será alojando en un hosting web que permita el flujo de información, desde la recolección hasta la consulta de los datos.

Gestión de configuración y de proyectos

Esta fase está actualmente en proceso; por lo tanto, se está desarrollando la infraestructura necesaria para la versión final del sistema y comenzar con la validación de datos. En esta etapa se están realizando las actividades conforme al cronograma propuesto; elaborando cada una en tiempo y forma para terminar el desarrollo en los tiempos planteados.

Ambiente

Para poder tener el ambiente de desarrollo del proyecto se tuvieron que hacer compras y adquisiciones necesarias para hacer uso de ellas durante el desarrollo del sistema web como es la instalación de software necesario y algunos materiales de papelería.

Las fases anteriormente descritas engloban y hacen referencia a las fases de la metodología de **Proceso Unificado Ágil (AUP)** por sus siglas en inglés) con la finalidad de comenzar el proceso de ingeniería de software. En la Figura 2 se ilustra la metodología antes dicha la cual sigue un enfoque basado en el Proceso Unificado Racional (RUP por sus siglas en inglés) el cual se basa en disciplinas y entregables incrementales con el tiempo; permitiendo al desarrollador avanzar en distintas fases del desarrollo, permitiendo así la flexibilidad de desarrollo (Edeki, 2013).

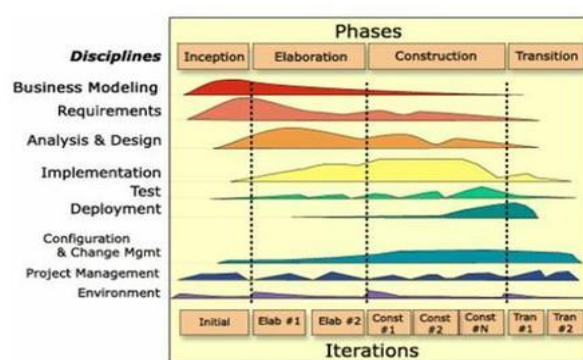


Figura 2. Fases de la metodología de Proceso Unificado Ágil (Edeki, 2013).

En la fase de inceptación corresponde a los objetivos planteados, factibilidad y costos del sistema. La fase de elaboración analiza el dominio del problema y la modelación de este. En la fase de construcción se modela, se construye y se prueba el sistema; también se desarrolla la documentación de soporte. En la fase de transición el objetivo es probar y desplegar el sistema y se elaboran tareas como mejorar el sistema y el despliegue.

RESULTADOS

Como resultado de la investigación documental y de campo se está logrando desarrollar el sistema web para la toma de decisiones basado en el histórico de datos físico- químicos de la producción de plantas ornamentales, el cual se está implementando mediante el uso de Python y el toolkit de Pandas para el desarrollo del sistema web y el análisis de los datos almacenados, usando HTML5 (JavaScript + HTML) para el desarrollo del back - end y front - end del sistema, respectivamente.

Por otro lado, antes de la implementación del sistema propuesto en esta investigación, el proceso de adquisición de datos se realizaba de forma manual; lo cual implica la inversión de mucho tiempo tanto en el muestreo de los datos como en el análisis de estos para el proceso de toma de decisiones, dando como resultado la obtención de la información fuera de tiempo. Por consiguiente, el control y dosificación de los recursos naturales e insumos de producción es inadecuado ya que se aplican acciones de forma extemporánea sin considerar la información exacta de los muestreos y el tiempo adecuado, originando con esto riegos y fertilizaciones no planificadas ni automatizadas.

A continuación, en el Cuadro 1 se describe el proceso no automatizado que se realiza para el levantamiento de los datos físico-químicos antes de la implementación del sistema propuesto, haciendo hincapié en el tiempo que se invierte para el muestreo de éstos, considerando que se selecciona aleatoriamente un grupo de 10 plantas de cada especie por cada área del vivero y así obtener un promedio de los datos para poder realizar el proceso de toma de decisiones involucrado en la producción de plantas ornamentales enfocado a una producción sustentable y de calidad.

Cuadro 1. Bitácora del comportamiento de las variables físico - químicas.

Nombre de la especie	Variables censadas (10/01/2019)				
	pH	C	T	TM	TME
Pasto español (<i>Pennisetum villosum</i>)	6.45	1.59	23.2	3:03	30.3
Aglaonema (<i>Aglaonema Crispum</i>)	6.43	1.20	23.5	2.45	24.5
Alix (<i>Dieffenbachia Amoena</i>)	7.01	0.73	22.4	3.3	33
Palma camedor (<i>Collinia elegans</i>)	6.32	1.24	25.1	1.35	13.5
Marginata (<i>Dracaena marginata</i>)	6.58	0.95	26.8	1.25	12.5
Telefono (<i>Epipremnum aureum</i>)	6.81	2.23	23.0	2.30	23

Nombre de la especie	Variables censadas (25/01/2019)				
	pH	C	T	TM	TME
Pasto español (<i>Pennisetum villosum</i>)	6.55	1.90	24.0	3.6	36
Aglaonema (<i>Aglaonema Crispum</i>)	6.60	1.45	23.9	1.25	12.5
Alix (<i>Dieffenbachia Amoena</i>)	6.80	1.35	23.2	2.3	23
Palma camedor (<i>Collinia elegans</i>)	6.50	1.68	24.3	1.32	13.2
Marginata (<i>Dracaena marginata</i>)	6.65	1.75	23.9	1.60	16
Telefono (<i>Epipremnum aureum</i>)	6.95	3.42	24.0	2.40	24

Nombre de la especie	Variables censadas (12/02/2019)				
	pH	C	T	TM	TME
Pasto español (<i>Pennisetum villosum</i>)	6.32	1.59	21.20	2.6	26
Aglaonema (<i>Aglaonema Crispum</i>)	6.35	1.20	22.1	3.4	34
Alix (<i>Dieffenbachia Amoena</i>)	6.65	0.73	21.7	3.6	36
Palma camedor (<i>Collinia elegans</i>)	6.43	1.24	23.4	1.6	16
Marginata (<i>Dracaena marginata</i>)	6.52	0.95	22.1	1.50	15
Telefono (<i>Epipremnum aureum</i>)	5.81	2.23	23.4	2.10	21

C= Conductividad (s/m); T= Temperatura (grados Celsius); TM= Tiempo muestral de 1planta (minutos); TME= Tiempo muestral de 10 plantas de la especie (minutos).

Como se puede observar en la Cuadro 1, sólo se proporciona un extracto de tres días de las bitácoras manuales para el área 1 del vivero del caso de estudio, en la cual se registra por el encargado del vivero el muestreo de pH, conductividad y temperatura, siendo éstos los datos físico - químicos más importantes en la producción de plantas ornamentales. Para el muestreo de 10 plantas por especie únicamente en el área 1 se obtiene en promedio un tiempo de 136.5 minutos, equivalente a 2.275 horas. Por lo tanto, para cubrir el muestreo de las 6 áreas del vivero del caso de estudio de la empresa ORNACOL se requiere un tiempo aproximado de 819 minutos o 13.65 horas.

Con la implementación parcial del sistema, en conjunto con el módulo de censado y de adquisición de datos, ya que este es un trabajo en progreso, se obtuvieron una reducción significativa de los tiempos dedicados al muestreo de las variables de interés; teniendo como primeros resultados un tiempo promedio de 20 minutos o 0.33 h para el muestreo de 60 plantas (10 plantas por especie) únicamente en el área 1. A continuación, en la Figura 3 se presenta un ejemplo de la disminución de tiempo en el muestreo para la adquisición de datos físico - químicos para el área 1; sin embargo, esta automatización en el tiempo de muestreo se ve reflejada para el muestreo de dichos datos en todas las áreas del vivero.

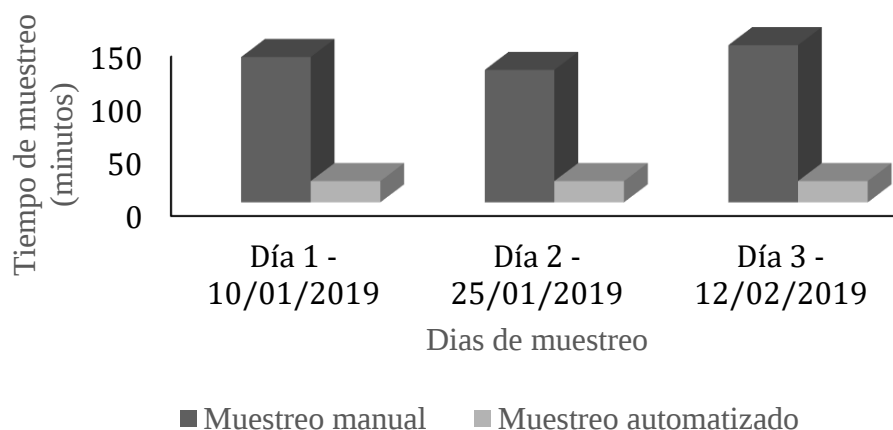


Figura 3. Mejoramiento de adquisición de información.

Como se puede observar en la Figura 3, hubo reducción del **85.35%** del tiempo de muestreo, lo cual permite agilizar el procesamiento de los datos, entregando información actualizada y oportuna en los momentos críticos que puedan presentarse. Esto permite tener ciclos de muestreo de datos más cortos puesto que la adquisición de los datos se simplifica, logrando con esto que el productor pueda efectuar tomas decisiones oportunas, prestando una atención primordial en el uso eficiente de los recursos naturales y de los insumos de producción. Un análisis estadístico de la muestra arroja que se tiene una varianza de 70.365 con una desviación estándar de 8.388, indicando que se tuvieron diferencias significativas en el tiempo de muestreo para el censado de las variables fisicoquímicas cuando se realiza manualmente. Por el contrario, cuando este proceso se realiza de manera automatizada se obtiene como se ilustra en la Figura 4, una recta lineal indicando que el tiempo de muestreo para el censado de las variables físico-químicas a través del sistema automatizado es constante, al no presentar una dispersión de los valores.

Aunado a lo anterior, el sistema DSS propuesto en esta investigación y denominado ORNADATA permite ver la organización de las áreas en las cuales se tienen organizadas las plantas ornamentales de producción (Figura 5).

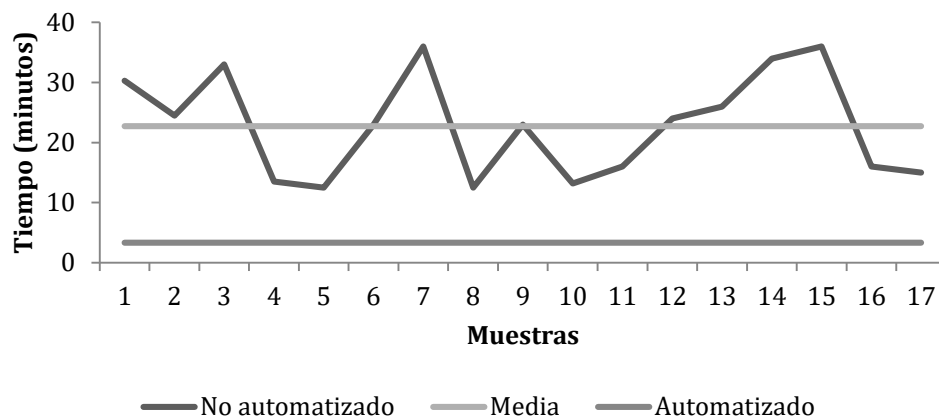


Figura 4. Comportamiento de los procesos de recopilación de datos.

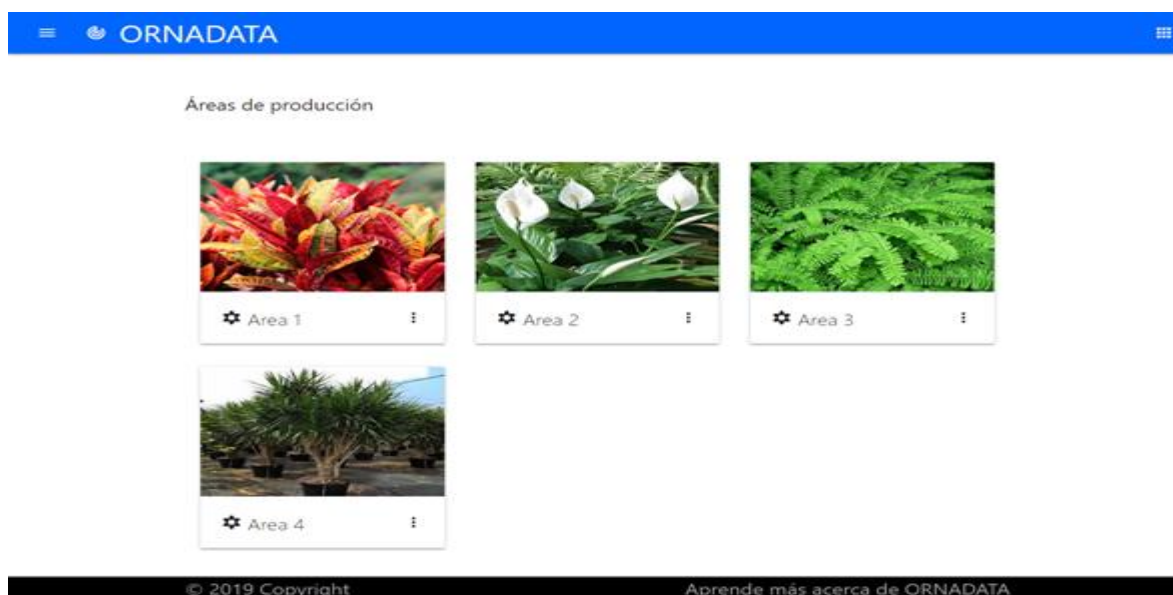


Figura 5. Áreas de producción registradas en el sistema.

Además, permite visualizar cuáles plantas se tienen dadas de alta en los diferentes tipos de áreas (Figura 6) para poder visualizar posteriormente los parámetros físico - químicos de interés para cada una de éstas (Figura 7), ya que estos parámetros son uno de los elementos más importantes para el apoyo en la toma de decisiones.

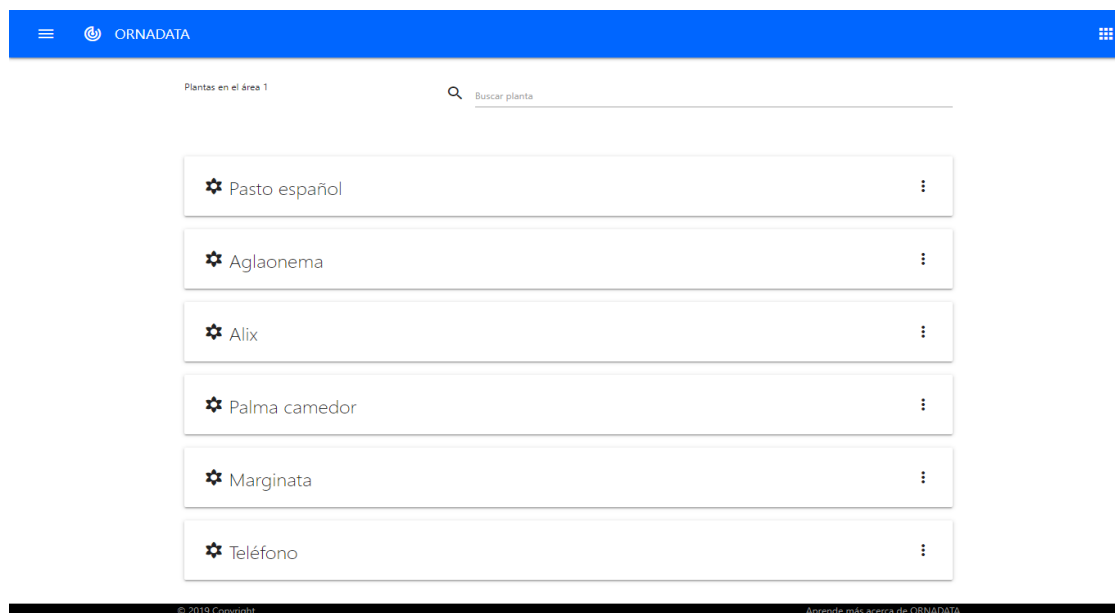


Figura 6. Tipos de plantas contenidas en un área

ORNADATA también permite visualizar la variación en el tiempo del muestreo de las variables físico – químicas de manera visual e intuitiva (Figura 7).

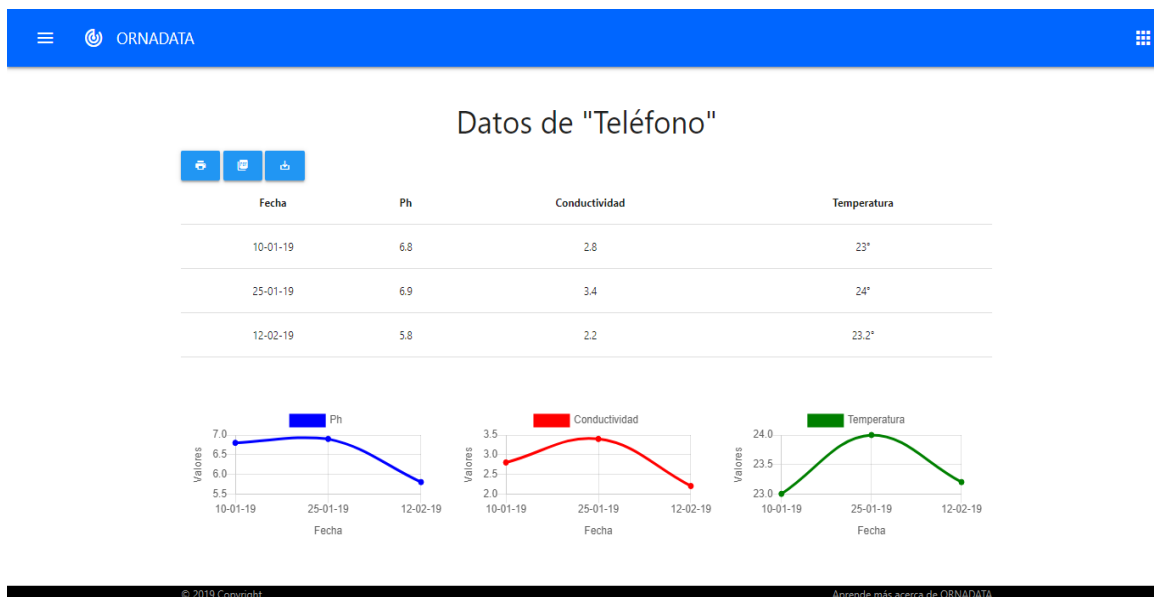


Figura 7. Visualización de los datos físico - químicos

El sistema propuesto en esta investigación en comparación con otras de las soluciones existentes tiene como ventaja principal el bajo costo para su desarrollo desde el módulo de censado hasta la implementación del sistema, ya que otras soluciones existentes en el mercado tienen como principal desventaja para el sector el alto costo de adquisición del paquete tecnológico necesario para que el productor pueda potencializar su producción; por lo que, el sistema web propuesto en esta investigación se diseñó y se está desarrollando utilizando tecnología open source, con la meta de

minimizar los costos para que ORNADATA pueda ser accesible para la gran mayoría de los productores del ramo de ornamentales y que éste sea un soporte esencial en el proceso de producción de plantas ornamentales prestando especial énfasis en la utilización eficiente y oportuna de los recursos naturales y de los insumos de producción.

DISCUSIÓN

Con los primeros resultados obtenidos del sistema se concuerda con Ubudi *et al.* (2017) que las plantas deben tener un tratamiento especial. Además, como menciona (Zhang *et al.*, 2013; Tafa *et al.*, 2018; Gupta y Quan, 2018) se debe tener conocimiento de los cambios en las variables que censan para tener buen control y desarrollo de los cultivos; sin embargo, en esta investigación se busca la disponibilidad de la información en cualquier momento, para que sea consultada desde cualquier lugar y así el productor pueda tomar decisiones basadas en la información del sistema en el momento oportuno semejante a lo que propone (Yin *et al.*, 2011; Mamani *et al.*, 2017; Meah *et al.*, 2019) los cuales cumplen en gran medida con la monitorización de las variables físico-químicas requeridas por los productores para la producción de plantas de ornato.

Propuestas de solución como la de Moga *et al.* (2011) presenta también un enfoque interesante en la monitorización de invernaderos al igual que Fernández *et al.* (2017) considerando variables adicionales en la monitorización como luminosidad y CO₂; mientras que la propuesta de Somov *et al.* (2018) está contextualizada para el cultivo de tomate que sigue un proceso totalmente distinto para su producción; por lo tanto, no se adapta al proceso productivo de plantas ornamentales.

Como se puede observar, la principal limitante que exhiben la mayoría de estas soluciones es que no consideran la conductividad como un parámetro relevante para la toma de decisiones, al no considerarla en la monitorización. Además, algunas de éstas exhiben sus resultados de manera local, a través de los propios entornos de desarrollo de las plataformas utilizadas y no a través de una aplicación web para la visualización de los resultados, limitando con esto el acceso a la información censada desde cualquier lugar, en cualquier momento y a través de cualquier dispositivo.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente sistema hasta el momento, ya que éste aún es un trabajo en progreso, se ha logrado la optimización de uno de los procesos de producción de ornamentales que requiere un tiempo significativo y exhaustivo, el muestreo de los datos físicos - químicos. Esta optimización ha permitido agilizar el proceso de toma de decisiones, gracias a la adquisición oportuna y clara de la información de las variables físico - químicas involucradas en el proceso de producción. El proceso de toma de decisiones en la producción de ornamentales involucra desde la planificación de riegos e implementación de insumos agrícolas hasta la producción y comercialización. Por lo tanto, ORNADATA, contribuye a incrementar la cantidad, calidad, rentabilidad y sustentabilidad de la producción de ornamentales. Fundamentado así, el desarrollo de este trabajo de investigación, el cual aún se encuentra en proceso, dado que es necesario continuar con la implementación del módulo de adquisición de conocimiento que permitirá aportar soluciones para el proceso de la toma de decisiones con base en los datos muestreados y adquiridos a través de la red de sensores desplegada en el vivero.

LITERATURA CITADA

- Adinarayana, J., D. Sudharsan¹, A.K. Tripathy, S. Sawant, S.N. Merchant, U.B. Desai, S. Devasekhar, K. Karandikar, S. Ninomiya, M. Hirafuji and T. Kiura. 2012. Geosense: ainformation, communication and dissemination system for decision support in precision farming. *In: Proceedings of Agro-Informatics and Precision Agriculture (AIPA)*, India. pp. 194-200.
- Bourgeois, D., S. Cui, P. H. Obiomon and Y. Wang. 2015. Development of a Decision Support System for Precision Agriculture. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* 4:226-231.
- Cárdenas-Tamayo, R., M. G. Lugo-Ibarra, and J. A. García-Macias. 2010. Better crop management with decision support systems based on wireless sensor networks. *In: 47th International Conference on Electrical Engineering Computing Science and Automatic Control*, Tuxtla Gutierrez. pp. 412-417.
- Cobos, C. A., J. A. Timana y R. V. Vallejo. 2015. Sistema soporte a la toma de decisiones para procesos de germinación y cultivo en invernaderos. *Revista de Biotecnología en el Sector Agropecuario* 6(1): 22-31.
- Edeki, C. 2013. Agile Unified Process. *International Journal of Computer Science and Mobile Applications* 1(3): 13-17.
- Ezenne, G.I., J. Louise, S.K. Mantel and J.L. Tanner. 2019. Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture. *Agricultural Water Management* 218:158-164.
- Fernández, L., M. Huerta, G. Sagbay, R. Clotet and A. Soto. Sensing climatic variables in a orchid greenhouse. *In: 2017 International Caribbean Conference on Devices, Circuits and Systems (ICCDSCS)*. Cozumel, Mexico. pp. 101-104.
- Gupta, G. and V. Quan. 2018. Multi-sensor integrated system for wireless monitoring of greenhouse environment. *In: 2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*. Seoul, South Korea. pp. 1-6.
- Hernández-Sampieri, R., C. Fernández, M. del Pilar-Baptista. 2014. Metodología de la Investigación. 6^a. ed. Ed. McGraw-Hill. México. 390 pp.
- INEGI y El Colegio de Postgraduados (COLPOS). 1998. La Horticultura Ornamental en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México. 92p.
- Mamani, M., M. Villalobos y R. Herrera. 2017. Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola. *Revista Chilena de Ingeniería*. 25(4): 599-618.
- Meah, K., J.Forsyth, and J. Moscola. 2019. A smart sensor network for an automated urban greenhouse. *In: 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)*. Dhaka, Bangladesh. pp. 23-27.
- Moga, D., D. Petreus and N. Stroia. 2012. A low cost architecture for remote control and monitoring of greenhouse fields. *In: 2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*. Singapore, Singapore. pp. 1940-1944.
- Moreno-Reséndez, A., J. Aguilar-Durón y A. Luévano-González. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29: 763-774.
- Orozco, Ó. A. y G. Llano-Ramírez, (2016). Sistemas de Información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(28), 103–124.

- Somov, A., D. Shadrin, A. Nikitin, S. Matveev, I. Seledets and O. Hrinchuk. 2018. Pervasive agriculture: IoT-Enabled greenhouse for plant growth control. *IEEE Pervasive Computing*. 17: 65-75.
- Taechatanasat, P. and L. Armstrong. 2014. Decision support system data for farmer decision making. In: *Australian Society of Information and Communication Technologies in Agriculture*. Australia. pp. 472-486.
- Tafa Z., F. Ramadani y B. Cakolli. 2018. The design of a zigbee-based greenhouse monitoring system. In: *2018 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing*. Bubda, Montenegro. pp. 1-4.
- Ubudi, R., B. Irawan and R.E. Saputra. 2017. Automation system for controlling and monitoring ornamental plants using fuzzy logic method. In: *The 2017 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC)*. Yogyakarta, Indonesia. pp. 196-201.
- Wallhead, M., and H. Zhu. 2017. Decision Support Systems for Plant Disease and Insect Management in Commercial Nurseries in the Midwest: A Perspective Review. *Horticultural Research Institute* 35(2):84–92.
- Yin, T., W. Feng and Z. Li. 2011. Temperature and humidity wireless sensing and monitoring systems applied in greenhouse. In: *Proceedings of 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology*. Harbin, China. pp. 857-861.
- Zhang, J., X. Wang and S. Li. 2013. The embedded greenhouse control system design based on Qt and SQLite. In: *2013 6th International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems*. Shenyang, China. pp. 47-50.