

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA IDENTIFICAR CULTIVOS DE SIEMBRA

M. E. Carreón Romero¹
E. Vázquez Benito²
J. E. Paqui Martínez³

RESUMEN

En el sector agrario, la selección de cultivos para siembra es una práctica que se realiza de forma empírica, con resultados que no siempre benefician al agricultor. Disponer de información y conocimiento especializado es vital para identificar el cultivo adecuado de siembra. El uso de TIC's, brinda alternativas que favorecen la creación de soluciones innovadoras. En este trabajo se presenta el desarrollo de un Sistema de Información (SI) implementa tres algoritmos basados en el conocimiento de cultivos de la región, así como, el registro de variables medioambientales obtenidas a partir del uso de un dispositivo electrónico. El SI proporcionó un listado de cultivos que fueron sembrados en la zona de estudio para verificar la eficiencia y funcionalidad del software; con ello, se pudo verificar que la solución propuesta brinda a los agricultores de la región una forma práctica de identificar los cultivos idóneos a sembrar en los terrenos analizados.

ANTECEDENTES

Introducción

Durante los últimos 50 años ha surgido un rápido y progresivo desarrollo de las tecnologías de información y comunicación (TIC), con una clara influencia en todos los ámbitos de la sociedad; en este sentido, el sector agrícola no es la excepción, puntualizando que es una actividad que acompaña al hombre desde hace miles de años y que, con el transcurso del tiempo ha logrado una importante transformación de sus procesos.

Conforme al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha establecido como objetivos estratégicos aumentar y mejorar el suministro de bienes y servicios procedentes de la agricultura, creando un entorno propicio para el establecimiento de sistemas agrícolas más integradores y eficientes a nivel local, nacional e internacional (FAO, 2017). Esto debido a que el año 2014 por cuestiones climáticas hubo pérdidas de cultivos que representan varios cientos de millones de toneladas, mostrando una tendencia a incrementarse como consecuencia del cambio climático (FAO, 2014). El sector de la agricultura con el fin de obtener mejores beneficios económicos busca incursionar en mercados más grandes, requiriendo para ello, alternativas innovadoras que mejoren sus procesos de producción.

En los avances y mejoras del sector agrícola ha estado inmerso el uso de las TIC's. Aunque existen muchas herramientas tecnológicas que se pueden utilizar para automatizar los procesos agrícolas, lo importante es elegir la tecnología apropiada de acuerdo con la necesidad y fines perseguidos (Villao, Rea y Maldonado, 2015).

Las TIC's son una herramienta para el acceso y la organización del conocimiento para los agricultores. Algunos autores destacan que el uso adecuado dentro del sector agropecuario ayuda a reducir costos en la obtención de información, aumentan los ingresos económicos de

¹ Docente de Tiempo Completo. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. mecr_maru@hotmail.com.

² Docente investigador. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. emmvazquez@gmail.com.

³ Líder de proyectos de software, Pecuarios.com, S.A de C.V. eduardopaqui19@gmail.com.

los productores, contribuyen en la creación de redes de colaboración y alianzas empresariales, así como, facilitan el aprendizaje y la capacitación. Sin embargo, a pesar de las claras ventajas que representan, Hopkin (2012) señala que, los estudios sobre el impacto de las TIC en el sector agropecuario muestran que estos aún son limitados. Una de las herramientas tecnológicas más utilizadas dentro del sector agrícola para la optimización de procesos son los sistemas de información, en particular, los utilizados como herramientas de apoyo para la toma de decisiones (Laudon, K. y Laudon, J., 2004).

Planteamiento del problema

En muchos casos, la selección de los especímenes para siembra es una práctica realizada de forma empírica, con resultados azarosos que no siempre benefician al agricultor (Ungar, 2003). Lo que implica, el diseño de soluciones innovadoras que ayuden a identificar los cultivos a sembrar de acuerdo a las características de una zona de cultivo. De acuerdo con expertos, el manejo adecuado de la nutrición de las plantas depende en gran medida de factores como: agua, temperatura y luminosidad, características que bien identificadas, ayudaran a garantizaran alta productividad y calidad de la producción (FAO, 2002).

Actualmente, en varias regiones de México existe una inadecuada selección de zonas de cultivo, la cual se deriva por la falta de conocimiento científico (Ceballos y López, 2010). En este sentido, los tomadores de decisiones del sector agrícola requieren de estudios para identificar los cultivos idóneos a sembrar de acuerdo con las características de un terreno. La agricultura de la región Nororiental del Estado de Puebla se caracteriza por ser tradicional, con una limitada aplicación de técnicas de producción y escaso uso de tecnología, situación destinada en muchas ocasiones a la pérdida de capital y recursos.

Objetivo general

Desarrollar un Sistema de Información basado en el conocimiento de variables medioambientales para ayudar a los agricultores de la región a predecir el tipo de cultivo idóneo de un terreno, a partir de las lecturas de humedad y temperatura monitoreadas.

Justificación

Las condiciones ambientales, la variabilidad en el suelo, los niveles de insumos, así como, las combinaciones y los precios de los productos básicos ha hecho relevante que los agricultores busquen ayuda para tomar decisiones importantes en torno a su negocio.

Con la finalidad de conocer opciones de cultivos viables y rentables, muchos agricultores buscan asesoría de expertos que les ayuden a realizar estudios y análisis de sus terrenos, que en muchas ocasiones resulta una tarea difícil de realizar, debido a la lejanía de las localidades o el gasto económico que ello representa. Por lo cual, disponer de una solución que procese las lecturas medioambientales identificadas y, sea capaz de mostrar el tipo de cultivo idóneo para una zona en particular, permitiría poner al alcance de cualquier agricultor, el conocimiento requerido para seleccionar las opciones de cultivo recomendadas.

De esta forma, se lograría optimizar el tiempo y los recursos de los agricultores. Con la posibilidad de mejorar el éxito en sus cosechas, así como, establecer vínculos con instituciones gubernamentales que apoyan a productores como SAGARPA.

Pregunta de investigación

¿La automatización del registro y análisis de lecturas medioambientales de un terreno en particular ayudará a seleccionar el tipo de cultivo idóneo a sembrar?

Hipótesis

La automatización del registro y análisis de lecturas medioambientales de un terreno en particular proporcionará a los productores agrícolas de la región el conocimiento necesario para elegir el cultivo idóneo a sembrar.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del sistema de información fue necesario conocer conceptos como: año de agricultura, ciclos y periodos de siembras, tipos y clasificación de cultivos de acuerdo con la localización geográfica, fisiográfica, orográfica, edafológica, climatológica, hidrológica, así como, importancia socioeconómica de la región. De la misma forma, se analizaron soluciones aplicadas en el sector agrícola mediante uso de TIC's, como es el caso de la Agricultura de Precisión (AP), cuya meta es mejorar el rendimiento de cultivos, optimizar el uso de los recursos, disminuir el impacto ambiental y facilitar la toma de decisiones (Orozco y Llano, 2016).

Con base a dichos estudios se decidió incorporar en la investigación tecnología con uso de sensores para obtener lecturas precisas y continuas, dispositivos de comunicación, bases de datos, algoritmos de interpretación, algoritmos de minería de datos, uso de interfaces y tecnologías web. Para el desarrollo del sistema de información se eligió como metodología de desarrollo, el modelo incremental, debido a que, combina elementos del Modelo Lineal (MLS) con la filosofía interactiva de construcción de prototipos (Pressman, 2010), ver Figura 1.



Figura 1. Etapas de desarrollo del sistema.
Elaboración propia

Es importante mencionar que el sistema desarrollado fue realizado en dos partes, debido a el tipo de solución requerida, ver Figura 2.



Figura 2. Partes que integran el proyecto.
Elaboración propia

Por un lado, se requirió conocer las características medioambientales de un terreno en particular, lo que implicó utilizar un dispositivo que recolectará las lecturas medioambientales de la zona de manera constante durante un periodo de siembra. El dispositivo para la medición de lecturas medioambientales utilizado tiene la capacidad de leer y almacenar de forma temporal los datos de humedad y temperatura monitoreados en periodos de tiempo continuos (Montiel, Carreón y Pazos, 2017). Ver Figura 3.



Figura 3. Dispositivo utilizado para lecturas medioambientales.
Elaboración propia

Los datos recolectados por el dispositivo se concentraron en archivos de texto, ver Figura 4. Cada línea contiene valores de lecturas por minuto, donde se incluye: hora, rama, nodo, tipo sensor, valor detectado, así como, la fecha del monitoreo, razón por la cual, fue necesario el desarrollo de una aplicación de software que leyera los archivos generados y que, además, interpretara las líneas de lecturas obtenidas por el dispositivo. Cada archivo interpretado fue almacenado en una base de datos para su gestión y consulta.

Posteriormente, con el apoyo de personal experto en biotecnología se diseñaron las funciones (procesos almacenados) para gestionar la información medioambiental almacenada en la base de datos del sistema de información. Algunos de los resultados se muestran en las pantallas de reportes mostrados en la Figura 4.



Datos monitoreados en terreno

Datos graficados

Figura 4. Reportes lecturas, generadas por el sistema de información.

Elaboración propia

De esta forma, el uso del software facilitó generar reportes mensuales correspondientes a los 5 meses que duró el monitoreo del terreno en estudio. El concentrado de resultados tanto de temperatura como de humedad se presentan de manera resumida en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Resultados mensuales de Temperatura

Temperatura						
Mes	Promedio	Máximo	Mínimo	Moda	Desviación Estándar	Varianza
Enero	15,74	38	1	15	10,19	103,96
Feb.	22,57	38	1	14	17,12	293,33
Abril	13,03	33	1	1	12,3	151,35
Mayo	11,76	35	1	1	11,84	140,37
Junio	11,35	31	1	1	11,43	130,81

Tabla 1. Resultados mensuales de Humedad

Humedad						
Mes	Promedio	Máximo	Mínimo	Moda	Desviación Estándar	Varianza
Enero	85,07	95	2	95	18,73	351,07
Feb.	83,73	95	1	95	20,17	407,02
Abril	87	95	20	95	19,73	389,37
Mayo	86,71	95	19	95	17,87	319,59
Junio	90,21	95	21	95	15,7	246,74

Fuente: Elaboración propia

En relación a la construcción del sistema experto fue fundamental contar con información de los cultivos regionales, haciéndose necesario el acercamiento con expertos en el área, así como, lograr vínculos con agrupaciones de productores, a fin de conocer datos relevantes del sector, lográndose una vinculación con dependencias como SAGARPA e INIFAP. También se tuvo acceso a bases y estadísticas, obteniendo con ello, un listado de las características medioambientales de cultivos que, de acuerdo con personal especializado en agricultura, tienen posibilidad de producirse en la zona (INEGI, 2016).

Con la finalidad de identificar los cultivos idóneos a sembrar en el terreno analizado, se diseñó una base de datos, considerando para ello los cultivos regionales y sus características medioambientales como: luminosidad, humedad, temperatura, precipitación y pH entre otros; información que junto con los resultados del monitoreo fue fundamental para diseñar las funciones de software que identificarían el cultivo ideal (Milovic y Radojevic, 2015). Una de las herramientas de software utilizadas para la revisión de algoritmos fue Weka versión 3.8, que contiene una colección de algoritmos para tareas de minería de datos (Majumdar, Naraseyappa y Ankalaki, 2017). En éste sentido, los algoritmos de agrupamiento y clasificación se identificaron como mejores opciones para representar las características de los cultivos. Ver Figuras 5 y 6.

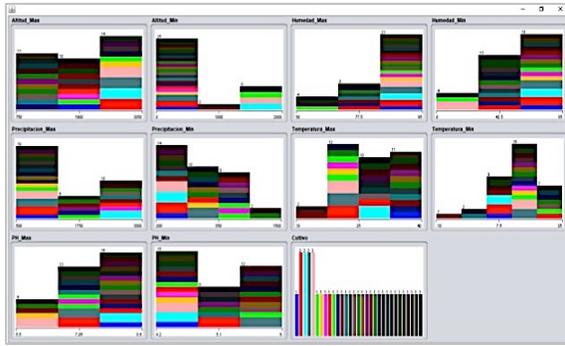


Figura 5. Algoritmo de agrupación.
Elaboración propia

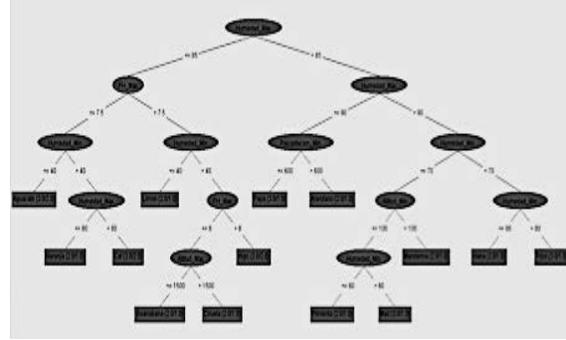


Figura 6. Algoritmo búsqueda y aelección.
Elaboración propia

La fase de desarrollo del software comprendió la tarea de diseñar las interfaces con las que interactuaría el usuario final, proponiéndose pantallas con un diseño simple. El formulario de inicio solicita ingresar los valores de temperatura y humedad, datos generados a partir del software de monitoreo. En relación a las variables requeridas para ejecutar los algoritmos implementados será necesario ingresar: altitud, pH y cantidad de precipitación que serán obtenidas a partir de aplicaciones como: Google Earth y CONAGUA. Otro dato solicitado es la fecha del monitoreo, debido a que las condiciones climáticas varían dependiendo del periodo de siembra (SAGARPA, 2016).

En relación a la formación de estudiantes, es importante mencionar que se contó con la participación de 4 alumnos, 2 pertenecientes a la carrera de Mecatrónica, 2 de Sistemas Computacionales; generando con ello, 2 servicios sociales, 2 residencia profesionales y 3 trabajos de tesis, uno de los cuales participó en el programa de becas CONCYTEP.

RESULTADOS

Al ejecutar la aplicación desarrollada e ingresar en el formulario, los valores medioambientales obtenidos durante el monitoreo en la zona de estudio (Teziutlán Puebla, Comunidad de Aire Libre), se observa un listado de cultivos que, de acuerdo con los algoritmos implementados son los óptimos para sembrar en la zona analizada: maíz, papa, frijol, chícharo y arándano.

En la pantalla de salida del software se muestra el resultado de los tres algoritmos, donde el chícharo resultó ser es cultivo idóneo para sembrar, mientras, los algoritmos C4.5 y búsqueda-selección coincidieron que es el frijol. También se distingue que el algoritmo de búsqueda-selección, lista los cultivos de maíz, papa y arándano como buenas opciones de siembra. Ver Figura 7.



Figura 7. Pantalla con listado de cultivos óptimos.
Elaboración propia

Sin embargo, era indispensable verificar la eficiencia del Sistema de Información desarrollado, para ello, se sembraron en la zona monitoreada los cultivos identificados durante la ejecución del software (maíz, frijol, chícharo). El experimento se realizó en el mes de diciembre de 2017, correspondiente al periodo otoño-invierno, con un periodo de duración de 30 días. Al termino del periodo se obtuvo una germinación y crecimiento adecuado de los cultivos sembrados, demostrando con ello la eficiencia de la funcionalidad del sistema de información desarrollado, ver Figura 8.

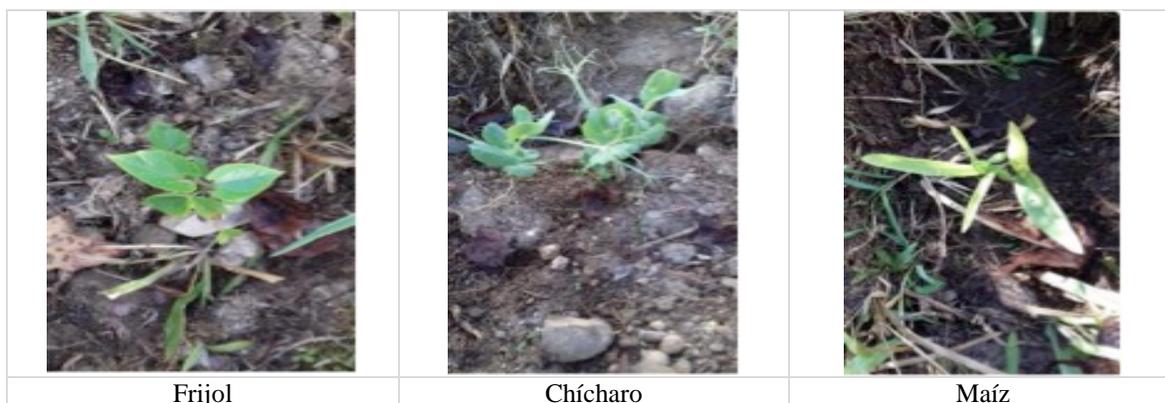


Figura 8. Germinación de cultivos sembrados
Elaboración propia

CONCLUSIONES

El análisis de la información recopilada a través de la sonda (red de sensores) en un lapso de cinco meses ubicada en la zona de Aire Libre, Teziutlán, Puebla; permitió conocer el rango de valores, máximo, mínimo, promedio, moda, desviación estándar y varianza de las variables monitoreadas en diferentes lapsos de tiempo, gracias a estos datos se logró conocer las características medioambientales del terreno analizado. Con respecto al diseño y desarrollo del sistema de información se implementaron en él, tres algoritmos probados con datos revisados por especialistas en agricultura de diferentes instituciones como SAGARPA, INIFAP e INEGI.

Al ejecutar el sistema predictivo desarrollado e ingresar la información correspondiente a las lecturas medioambientales de la zona, se mostró en la pantalla de salida, las opciones de cultivo a sembrar; dichos resultados, fueron verificados en un experimento de siembra que duró 30 días en el lugar de estudio, donde se observó la fácil germinación y crecimiento de los cultivos identificados por el Sistema de Información. También se muestra que, el análisis de variables medioambientales registradas durante el monitoreo, fueron primordiales para identificar el tipo de cultivo idóneo a sembrar. Por lo anterior, la propuesta desarrollada se presenta como solución a la necesidad inicialmente planteada; por lo cual, los productores agrícolas podrán tener el conocimiento para elegir el tipo cultivo ideal a sembrar en sus terrenos y que mejor convenga a sus necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Ceballos, A. y López, J. (2010). Delimitación de áreas adecuadas para cultivos de alternativa: una evaluación multicriterio-sig. *Terra Latinoamericana*, Vol. 28(2), pp. 109-118. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57316058002.pdf>
- Hopkins, R. (2012). El impacto de las TIC en la agricultura es enorme. En M. Bosch (coord.), *TIC y agricultura*, pp. 4-5. Recuperado de: <https://www.cepal.org/socinfo/noticias/paginas/3/44733/newsletter18.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). *Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México*. México: INEGI. Recuperado de: INEGI: www.inegi.gob.mx
- Laudon, K., y Laudon, J. (2004). *Management information systems: managing the digital firm*. Prentice Hall.
- Majumdar, J., Naraseyappa, S. y Ankalaki, S. (2017). Analysis of agriculture data using data mining techniques: application of big data. *Journal of Big Data*. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40537-017-0077-4>
- Milovic, B., y Radojevic, V. (2015). Application of Data Mining in Agriculture. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol. 21(1). Recuperado de: <https://www.agrojournal.org/21/01-03.pdf>
- Montiel, M., Carreón R. y Pazos, D. (2017). *Dispositivo para automatizar la recolección de mediciones medioambientales*. MX/E/2017/090577.

- Organización de la Naciones unidas para la Alimentación (2002). *Mejorando la Seguridad y Calidad de Frutas y Hortalizas Frescas: Manual de Formación para Instructores*. [PDF file]. Recuperado de: http://www.fao.org/ag/agn/cdfruits_es/others/docs/maryland_manual.pdf
- Organización de la Naciones unidas para la Alimentación (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 19 de marzo, 2017, de: <http://www.fao.org/docrep/019/i3788s/i3788s.pdf>
- Organización de la Naciones unidas para la Alimentación (2017). *Marco de Prioridades de País de la FAO en México*. Recuperado de: ftp://ftp.fao.org/OSD/CPF/Countries/Mexico/CPF_MEX_2014-2018_Signed.pdf
- Orozco, O. y Llano, G. (2016). Sistema de información enfocados precisión en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. *Revista Ingenierías, Universidad de Medellín, Vol. 15(28)*. Recuperado de: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/1060>
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. New York: McGraw-Hill.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. México: SAGARPA. Recuperado de: www.sagarpa.gob.mx
- Ungar, P. (2003). *The Scientific Perspective in the Conservation of Wild Biodiversity. A Reflection from the Colombian Amazon*. Tesina de Master en Ciencias Ambientales, opción Economía Ecológica y Gestión Ambiental. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Villao, F., Rea, V. y Maldonado, C. (2015). Los sistemas de información para lograr un desarrollo competitivo en el sector agrícola. *Revista Ciencia UNEMI, Vol. 8(13)*. Recuperado de: <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/89>