



SOFTWARE

ARTÍCULO ORIGINAL

Software para el apoyo a la toma de decisiones en el sector agrícola

Software to Support Decision Making in the Agricultural Sector

MSc. Javier Alejandro Falcón-Suárez¹, Ing. Rene Betancourt-Perera¹, Dr.C. Ramón Liriano-González¹,
MSc. Yunel Pérez-Hernández¹

¹ Empresa de Proyectos Agropecuarios (ENPA), Matanzas, Cuba.

¹ Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.

RESUMEN. En el actual contexto cubano se fomenta el desarrollo agrícola local, para lograr el autoabastecimiento territorial y la soberanía alimentaria, donde las empresas agrícolas requieren de la implementación de sistemas de información que contribuyan con los procesos de la gestión productiva, con el fin de obtener una mayor cantidad de elementos técnicos para la toma de decisiones. El objetivo del trabajo es desarrollar una aplicación web que contribuya a la mejora de la eficiencia en la socialización de la información. Para el diagnóstico se aplicó una encuesta de carácter anónimo conformada por preguntas directas, cerradas, de respuesta múltiple y unipolar, dirigida a los decisores y gestores de procesos agrícolas. Como metodología de desarrollo se utilizó Scrum, la arquitectura Diseño Guiado por el Dominio, como ambiente de desarrollo Asp. NetCore 3.0 con el lenguaje C# 8 y gestor de base de datos SQL Server montado en Docker. El resultado es un “Sistema de Análisis de Datos Agrícolas” (SADA) que unifique los servicios de socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades, donde se registra toda su información técnica de interés y se informatizan las operaciones en un mismo programa, para contribuir a mejorar la eficiencia de los procesos de planificación y toma de decisiones. El despliegue generará un ahorro de 392,18 CUP por cada diseño de rotación.

Palabras clave: adecuación de cultivos; programa; rotación de cultivos.

ABSTRACT. In the current Cuban context, local agricultural development is promoted, to achieve territorial self-sufficiency and food sovereignty, where agricultural enterprise require the implementation of information systems that contribute to productive management processes, in order to obtain a more technical elements for decision making. The objective of the work is to develop a web application that contributes to the improvement of the efficiency in the socialization of information. For the diagnosis, an anonymous survey was applied, made up of direct, closed, multiple and unipolar response questions, aimed at decision-makers and managers of agricultural processes. As a development methodology, Scrum, the Domain Guided Design architecture, was used as the Asp.NetCore 3.0 development environment with the C# 8 language and SQL Server database manager mounted on Docker. The result is an “Agricultural Data Analysis System” (SADA) that unifies the services for the dissemination of information, adaptation and rotation of crops and their varieties, where all relevant technical information is recorded and operations are computerized in the same program, to help improve the efficiency of the planning and decision-making processes. The deployment will generate savings of 392.18 CUP for each rotation design.

Keywords: Crop Adequacy; Crop Rotation; Software.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la población mundial en 2017 era de 7,6 mil millones de personas. Se calcula que para 2030 un estimado de 8,5 y

para 2100 de 11,2 mil millones de personas. Este crecimiento impone un desafío para la producción de alimentos, unido a otras estrategias para crecimiento socioeconómico, la adopción

¹ Autor para correspondencia: Javier Alejandro Falcón-Suárez, e-mail: jfalconsuarez@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1873-3304>

Recibido: 03/12/2022.

Aprobado: 14/06/2023.

de sistemas productivos sostenibles y la adaptación al cambio climático (Santillán & Rentería, 2018).

La presión por sostener un sistema alimentario acorde a la realidad moderna del ser humano, limitada por cambios socioeconómicos y demográficos, la expansión de los cordones urbanos, entre otros, impone ampliar la frontera productiva de la actividad agropecuaria, mediante la incorporación de tecnologías digitales dentro de sus procesos de producción ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias) (Celis *et al.*, 2019).

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) impactan en todos los sectores de la sociedad. La agricultura se beneficia por la inclusión de recursos informáticos en los diferentes procesos. La introducción en este sector de nuevos adelantos como los satélites, los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), los sensores edáficos y los sistemas de riego automáticos, permiten el surgimiento de un nuevo modelo de agricultura, conocido como Agricultura de Precisión. Su funcionamiento se basa en una plataforma interactiva de programas informáticos, que brinda un control preciso sobre cada uno de los elementos del proceso productivo. Sánchez *et al.* (2020) refieren que tienen como elemento esencial el uso de las TIC en la racionalización de la toma de decisiones y su precisa ejecución.

Existen pocas referencias de herramientas informáticas profesionales que trabajen la adecuación y el diseño de rotaciones de cultivos, tras realizar una búsqueda exhaustiva en internet el resultado obtenido fue de solo seis sistemas que en alguna medida realizan estas funcionalidades (Agro 24, Sistema Integrador (SIDS), *Refarm the city, Kitchen Garden Planner* (KGP), *Kitchen Garden Aid 1.5.3* (KGA) y Programa de Diseño de Rotaciones Hortícolas (PDRH)). Las referencias internacionales encontradas no se adecuan a las necesidades de las empresas nacionales, no son software libres y están sujetos a pago de licencias. Las aplicaciones nacionales registradas que responden en parte a estas funcionalidades están desactualizadas, ya que fueron desarrolladas sobre la plataforma MS-2.

Cuba progresa de forma lenta en el diseño de herramientas informáticas aplicables a la agricultura. Sus primeros esfuerzos datan de la década del 70 con aplicaciones hacia la automatización de tareas contables. El final del siglo XX y comienzos del XXI, son marcados por el desarrollo de sistemas informáticos destinados a la evaluación de la capacidad agroproductiva de los suelos, control del riego y la masa ganadera, historial de plantaciones, cosecha y rendimientos, entre otros (Blanco, 2004). Nuestro país dispone de múltiples herramientas informáticas enfocadas al sector agrícola, tales como: SIBUTT una aplicación para el balance del uso y tenencia de la tierra, SITCO un sistema informático para el trabajo cooperativo, CONTEO software para el registro pecuario de ganado vacuno a los propietarios privados, entre otras.

En el contexto actual de implementación de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido Comunista de Cuba (PCC) y la Revolución según el PCC-Cuba (2016), se estimula el desarrollo agropecuario de los productores independientes a través de la entrega de tierras ociosas, y su vinculación en primera instancia a Granjas Estatales con perso-

nalidad jurídica, Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) o Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), para realizar su gestión administrativa.

Según Leyva (2015) el 77 % del total de los usufructuarios beneficiados por el Decreto Ley 259 y 300, está constituido por personas con escasa experiencia en las actividades agropecuarias, lo que implica un desafío para políticas públicas dirigidas al sector agropecuario. Esta situación implica riesgos evidentes relacionados al manejo de los recursos naturales (suelo, agua, fitogenéticos, entre otros), y la tendencia de los nuevos propietarios hacia la no permanencia o devoluciones de las áreas entregadas, provocado entre otras causas por la falta de asesoramiento de profesionales y de información disponible.

Entre los factores que permiten un uso y manejo apropiado de los recursos en la agricultura y que incide en la obtención de elevados rendimientos, se encuentra la correcta rotación de los cultivos. Estudios realizados por Yong-Chou *et al.* (2016) mostraron que la rotación de cultivos es practicada por solo el 30 % de los productores; lo que evidencia un reducido manejo sostenible de las producciones agrícolas cubanas.

La adecuación y rotación de los cultivos ajustada a las condiciones agrícolas específicas de las bases productivas, constituyen hoy servicios técnicos importantes que no se aplican o se realizan sin la profundidad requerida, los cuales pueden impactar de modo directo en la producción de las unidades. Para su determinación se requiere de información especializada, en muchos casos no disponibles en las unidades del sector. El objetivo del trabajo es desarrollar una aplicación web que contribuya a la mejora de la eficiencia en la socialización de la información.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diagnóstico

Con el objetivo de estudiar las vías prácticas mediante las cuales se organiza el diseño productivo de las entidades de la provincia y el manejo de herramientas informáticas. Para la elaboración del diagnóstico del proyecto se seleccionó como herramienta de trabajo la construcción de un diagrama de causa-efecto. La técnica grupal empleada fue la Tormenta de Ideas. Con el objetivo de reducir y centrar los esfuerzos encaminados a la solución del problema, se decidió aplicar la Matriz Relacional de Análisis Estructural, o Matriz de Véster.

Tipo de aplicación

Una aplicación web es una aplicación informática que se utiliza mediante el acceso a un servidor web a través de Internet o de un intranet mediante cualquier navegador. Las aplicaciones web nos permiten interactuar con la información y se puede acceder a las mismas a través de una conexión a internet, sin tener que distribuir e instalar programa a miles de usuarios (Díaz-Ortiz & Romero-Suarez, 2017).

Arquitectura. La arquitectura cliente/servidor es un modelo para el desarrollo de sistemas de información en el que las tran-

sacciones se dividen en procesos independientes que cooperan entre sí para intercambiar información, servicios o recursos. Se denomina cliente al proceso que inicia el diálogo o solicita los recursos y servidor al proceso que responde a las solicitudes (Sepulveda Ibañez, 2014; citado por (Loja-Mora et al., 2020).

El *Domain Driven Design* (DDD) es un proceso que alinea su código con la realidad de su problema dominio. Loscalzo (2018) refiere como beneficios de su empleo: comunicación efectiva entre expertos del dominio y expertos técnicos a través de Ubiquitous Language; foco en el desarrollo de un área dividida del dominio (subdominio) a través de *Bounded Context's*; el software es más cercano al dominio, y por lo tanto es más cercano al cliente; código bien organizado, permitiendo el *testing* de las distintas partes del dominio de manera aisladas; lógica de negocio reside en un solo lugar, y dividida por contextos; y mantenibilidad a largo plazo.

Metodología el desarrollo de software

Scrum no es un proceso, técnica o método definitivo. Más bien, es un marco de trabajo dentro del cual se pueden emplear varios procesos y técnicas. A partir de la comparación de metodologías de desarrollo de software de Pérez (2011), se observa que tanto Programación Extrema (XP) como SCRUM, son metodologías ágiles orientadas al cliente y con entrega de resultados rápidos, sin embargo se elige la metodología SCRUM debido a que ésta no es dependiente de tecnologías ni estrictamente sistemática; es decir, que no se sigue necesariamente el orden de prioridad definida por el cliente, sino que el equipo puede cambiarlo si se considera mejor para el desarrollo de las tareas y obtención de resultados. Otras razones para elección de esta metodología son: permite elaborar una documentación equilibrada y se enfoca a la obtención de resultados rápidos, ya que se cuenta con tiempos límites establecidos para poder implementar la solución. La misma requiere de la participación activa de los interesados para validar que la solución a desarrollar esté acorde a las necesidades del negocio; además, por ser necesario mostrar entregas iterativas del producto funcional a los clientes y poder validar el avance del mismo, y sobre todo por su respuesta a los cambios que se presentan en el proyecto de desarrollo del programa, que permite hacer una correcta negociación de los mismos con los clientes sin quitar valor a los entregables.

Tecnología Web del lado del servidor

ASP.NET CORE es un marco multiplataforma de código abierto y de alto rendimiento que tiene como finalidad compilar modernas aplicaciones conectadas a internet y basadas en la nube. Las aplicaciones ASP.NET Core son ligeras y modulares, con compatibilidad integrada para la inserción de dependencias, lo que permite una mayor capacidad de prueba y mantenimiento (Roth et al., 2021).

Sistema gestor de base de datos

SQL Server es un gestor de bases de datos que destaca son el soporte de transacciones, su escalabilidad, estabilidad y seguridad. Entre los beneficios de su empleo, acorde a Microsoft (2018) se encuentran, razonar sobre los datos en cualquier lugar; elección

del idioma y la plataforma; rendimiento y seguridad líderes en la industria; la única base de datos comercial con IA integrada.

DOCKER

Es un motor de contenedores que automatiza la creación distribución y despliegue de cualquier aplicación de programas informáticos a través contenedores, que son ligeros, portables, autosuficientes y pueden ejecutarse en cualquier entorno (Raj et al., 2015). El empleo de Sql Server virtualizado en docker permite el uso sin requerimiento de pago de licencias.

Tecnología Web del lado del cliente

Visual Studio Code es el primer editor de código multi-plataforma para el desarrollo, compatible con OS X, Linux y Windows, en la familia Visual Studio. La versión Code ya tiene muchas de las características que los desarrolladores necesitan en un código y editor de texto, incluida la navegación, soporte de teclado con enlaces personalizables, resaltado de sintaxis, coincidencia de corchetes, sangría automática y fragmentos, con soporte para docenas de idiomas.

VUE.JS

Framework JavaScript progresivo se utiliza en el desarrollo de interfaces web de usuario y Single Page Applications (SPA). Su núcleo es bastante pequeño y se escala a través de plugins. Engloba en un mismo archivo HTML, CSS y JavaScript (Díaz-Otero, 2019).

Se decide trabajar con Vue.js porque según Torres-Atochero (2018) posee una baja curva de aprendizaje y su rendimiento. Además, cuenta con una extensa documentación y una gran comunidad detrás. Según Egido-González (2018) una de las grandes ventajas de Vue es el tamaño de su core (en Kbits), esto hace que sea un código muy compacto y, por tanto, los tiempos de carga y velocidad sean reducidos. Vue está dotado de un DOM Virtual que aligera la ejecución de las aplicaciones. Los templates en Vue son escritos en Html directamente y pueden ser modificados fácilmente por cualquier miembro del equipo de desarrollo. Vue tiene Vie-Cli como herramienta de generación de estructuras básicas (scaffolding), eso hace que el desarrollo sea más rápido. En comparaciones realizadas por Kelly-Ferreira & Donizete-Zuchi (2018) con los framework más empleados en la actualidad se ubica en el primer lugar en cuanto al tiempo de renderizado de las páginas con 767 ms, en segundo lugar, en cuanto al tamaño del archivo JavaScript generado con 11 kb y una amplia fuente de recursos de comunicación. Además, según su documentación oficial, Vue admite cualquier navegador capaz de interpretar EcmaScript 5, es decir, el más reciente en el mercado y algunas de sus versiones anteriores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo de la aplicación web, se compiló toda la información técnica de interés de los cultivos y sus variedades requeridas para las funcionalidades implementadas, a partir de la consulta de disímiles documentos (libros de textos, instructivos técnicos, base de datos, entre otras) y publicaciones en revistas

científicas nacionales e internacionales. A continuación, se explica el diseño del sitio Web a través de los servicios programados.

Interfaz de usuario. Se realizó un diseño gráfico sencillo e intuitivo; de modo general todas las páginas comparten un menú horizontal, con acceso a todas las funcionalidades del sistema y opción de *logout* junto al nombre del cliente en uso.

Formato de salida de los reportes. El sistema muestra dos reportes principales correspondientes a cada una de las funcionalidades y una ventana para mostrar información de las variedades. El formato de salida se muestra en las Figuras 1, 2 y 3, con un ejemplo de una fuente de información cargada de la base de datos.

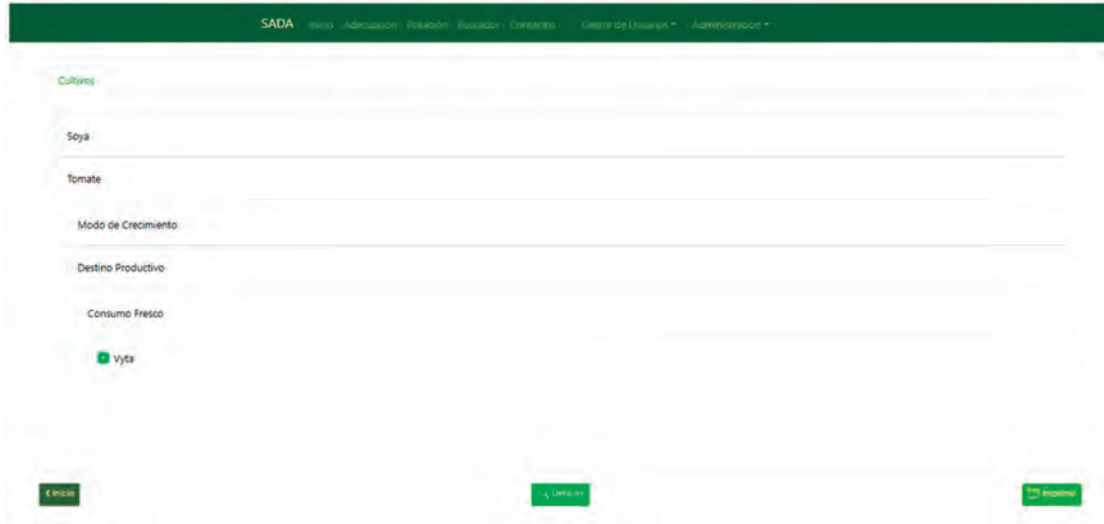


FIGURA 1. Reporte de adecuación.



FIGURA 2. Información de las variedades.

Tratamiento de errores. Este es un aspecto muy importante para el correcto funcionamiento de cualquier sistema informático, pues permite garantizar la integridad de la información en la base de datos. En el sistema desarrollado hace una doble validación de los datos insertados, por el lado del cliente y en el lado del servidor. De esta manera, se verifican errores de formato, tipos de datos, completamiento correcto de campos de un formulario y la selección correcta de los valores. Se muestran mensajes de confirmación, cuando el usuario realiza operaciones significativas como eliminar y se realizan comprobaciones en la base de datos, a la hora de insertar o modificar un elemento para que no existan duplicaciones de estos.

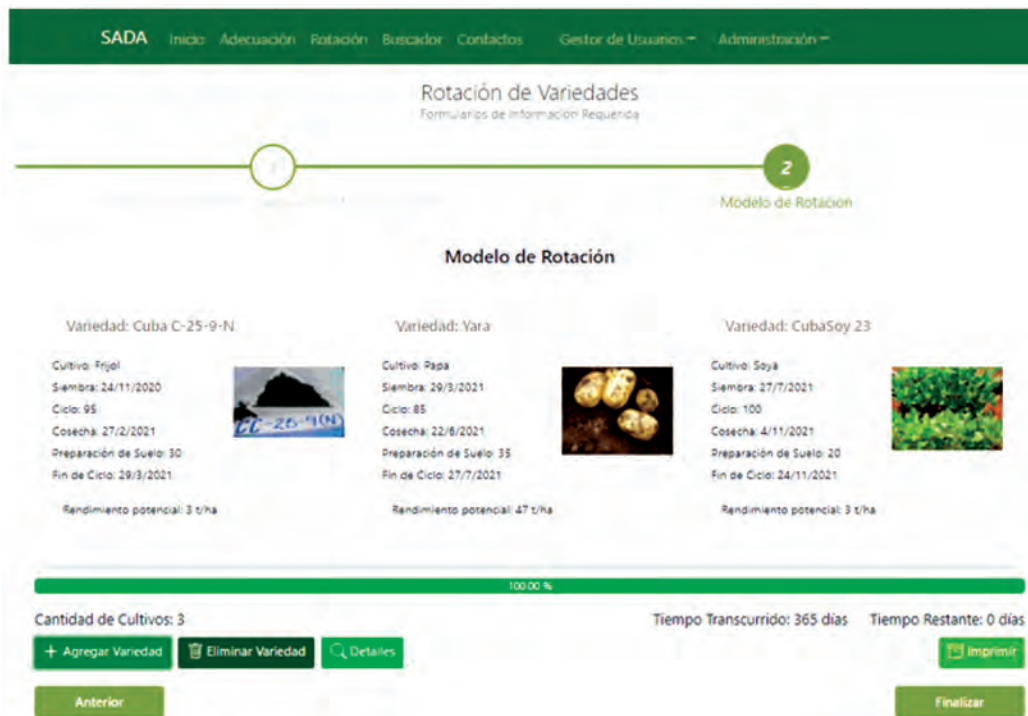


FIGURA 3. Reporte de la rotación.

Contenidos del sitio

Inicio: es la página principal y dispone de una barra de navegación, que contiene un vínculo a cada funcionalidad de la aplicación, a la página de contactos, a las opciones de administración y gestión de usuarios solo accesibles por el administrador del sistema, así como la opción de logout con el nombre del usuario activo; le sigue el nombre del software y su logo, una zona central donde se muestran tres tarjetas con enlace a las funcionalidades principales y una breve descripción de las mismas.

Adecuación de variedades: Esta funcionalidad consta de cuatro interfaces de navegación vinculadas, tres para solicitud de datos y una última para muestra de resultados. En cada página se realiza la solicitud de parámetros edafoclimáticos y fisiogeográficos requeridos una correcta adecuación de variedades, en la misma el usuario puede seleccionar la unidad de medida en la que desee trabajar cada indicador. A mayor cantidad de variables se introduzca más fiable será el reporte obtenido (Figura 4).

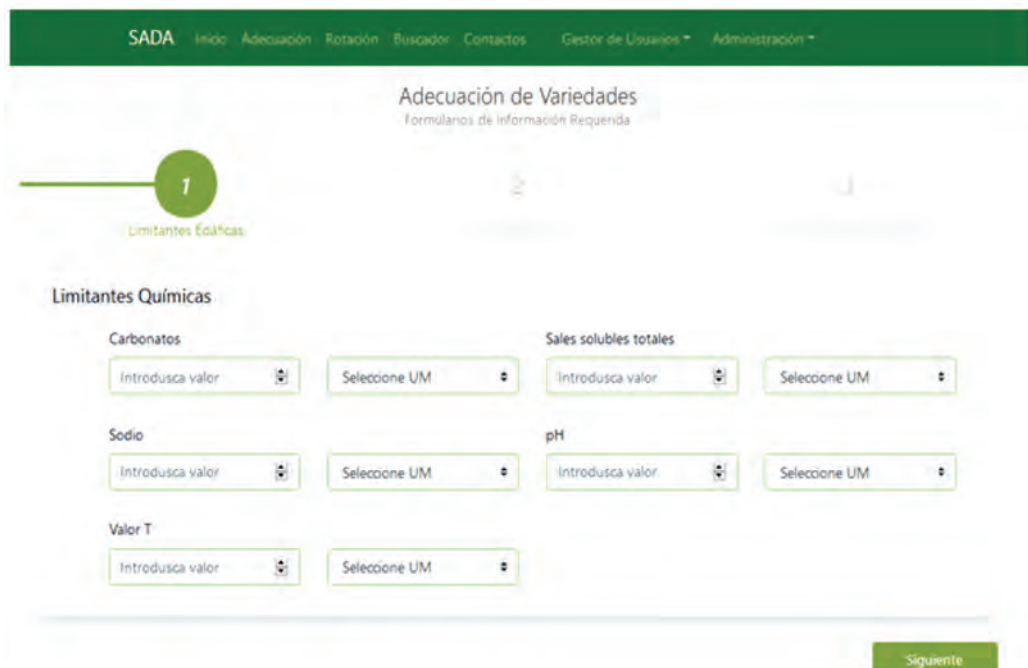


FIGURA 4. Funcionalidad de adecuación.

Rotación de cultivos: En esta interfaz se realiza la solicitud de la información necesaria para el diseño de la sucesión, compuesta por los principios, la situación actual del área, la fecha de inicio, el modelo de rotación a emplear y la variante de época de siembra a considerar, constituye la base para la elaboración del modelo de rotación (Figura 5).

FIGURA 5. Funcionalidad de rotación de cultivo.

Modelo de rotación de cultivo. Esta página permite agregar de forma individual en la rotación, aquellas variedades que cumplieron los principios definidos, para lo cual se exige que se defina su ciclo y tiempo de preparación de suelo. También admite eliminar la última variedad agregada al modelo, obtener detalles de una variedad seleccionada (imágenes, descripción y datos técnicos de interés) e imprimir el modelo, además muestra una barra de tiempo que registra el tiempo empleado y el restante de la rotación en curso. De manera similar, muestra en la zona central una pizarra de sucesión en ejecución, que

permite visualizar de cada variedad agregada su imagen y datos principales referentes a la rotación.

Buscador de variedades: Esta funcionalidad consta de cuatro interfaces de navegación vinculadas, tres para solicitud de datos y una última para la muestra de resultados. Mediante esta página se solicitará toda la información que pueda ser relevante para buscar una variedad determinada, como son: la tecnología de cultivo, plaga por agrupamiento y grado de resistencia de la variedad a la misma, los parámetros edafoclimáticos y fisiogeográficos (topografía y altitud) de interés, entre otros (Figura 6).

FIGURA 6. Buscador de variedades.

Contactos: se cita una lista de varios miembros encargados de la gestión de la página web para poder realizar retroalimentación con los usuarios.

Administración: Mediante esta opción los usuarios que tienen privilegios para ello podrán gestionar (adicionar/eliminar/editar) la información de cada entidad de la base de datos.

Beneficios tangibles e intangibles

La rotación de cultivos tiene muchos beneficios agronómicos, económicos y ambientales en comparación con el cultivo en monocultivo. La rotación apropiada de cultivos aumenta la materia orgánica en el suelo, mejora la estructura del suelo, reduce la degradación del suelo y puede dar como resultado mayores rendimientos y rentabilidad de la granja a largo plazo. El aumento de los niveles de materia orgánica del suelo mejora la retención de agua y nutrientes, y disminuye los requerimientos de fertilizantes sintéticos. A su vez, una mejor estructura del suelo mejora el drenaje, reduce los riesgos de acumulación de agua durante las inundaciones y aumenta el suministro de agua del suelo durante las sequías (Sudha et al., 2017). Sin una adecuada rotación de cultivos o sin una explotación apropiada del suelo, éste puede degradarse (Perfetti et al., 2019).

La rotación de cultivos se usa también para controlar malezas y enfermedades, y limitar las infestaciones por insectos y otras plagas, lo que reduce de forma significativa el uso de pesticidas. Además, devuelve diferentes nutrientes al suelo y restaura su fertilidad (Sudha et al., 2017).

Acorde a la FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura] Reeves et al. (2016), por concepto de aplicar una adecuada rotación, se puede incrementar en más de un 20 % el rendimiento.

El consenso actual entre investigadores sobre la rotación de cultivos es el aumento en el rendimiento y el beneficio económico que genera a los agricultores (Gutiérrez-Castorena et al., 2015). Una gestión adecuada de la misma contribuye a obtener el potencial productivo y económico de las especies cultivadas. Rodríguez-Guzmán et al. (2016) afirman que se aumentan los ingresos netos por unidad de superficie y se reduce el riesgo de malas cosechas.

Chamorro et al. (2016) analizaron que uno de los insumos más costosos es el fertilizante nitrogenado (alrededor del 40 % de la energía indirecta para la secuencia), la fijación biológica por parte de las leguminosas como cultivo de la rotación, puede reducir su costo energético y, a la vez, aportar otras ventajas al sistema, como el incremento de la biodiversidad y reforzar las funciones de autorregulación, como puede ser una menor utilización de plaguicidas.

La rentabilidad de los cultivos está sujeta a prácticas de

manejo, al valor del producto y a los recursos productivos. La planificación de la rotación estabiliza la rentabilidad y la variabilidad (González et al., 2013).

Beneficios tangibles. Los principales beneficios tangibles están relacionados con la reducción de la cantidad horas/hombre empleadas para el diseño de rotaciones de 4,8 días; la disminución del espacio físico empleado para almacenar la documentación de los cultivos, variedades, los análisis de adecuación y el diseño de rotaciones y la reducción del personal para el área producción a un solo especialista.

Beneficios intangibles. Entre los beneficios intangibles está la disminución del tiempo promedio para buscar información de variedades, la posibilidad de realizar análisis de adecuación de variedades y el diseño de las rotaciones, se reduce el número de errores; reducción de la pérdida de los análisis de adecuación y diseño de rotaciones; incremento de la productividad del personal, se genera información más precisa y confiable, que sirve de apoyo a la toma de decisiones; mayor y mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos e incremento en la imagen institucional.

El software presenta un diseño amigable y su funcionalidad es intuitiva, aunque requiere de conocimientos técnicos de agronomía para su uso, al ser una aplicación especializada para el sector, no exige de habilidades avanzadas de corte informático.

La aplicación web SADA constituye una herramienta de apoyo para la planificación y la toma de decisiones. Su uso no solo puede reportar ventajas por concepto de una adecuada rotación y selección de cultivos, sino también un ahorro económico para las entidades por concepto de salario, en una unidad productiva se requieren como media de cuatro especialistas para el diseño de las sucesiones, con un salario promedio mensual de 483,00 CUP y un consumo de tiempo ponderado de 4,9 días acorde a los resultados de las encuestas, lo que demanda un fondo de salario de 392,18 CUP para ese período; en contraposición, al aplicar la herramienta, solo se requiere de un especialista y una hora de trabajo para cumplir la tarea, con un gasto de salario de 2,52 CUP, lo que representa un ahorro de 99,35 % cada vez que se requiera realizar una adecuada rotación de cultivos.

CONCLUSIONES

- El despliegue de la aplicación SADA contribuirá a la mejora de la eficiencia en la socialización de la información, adecuación y rotación de los cultivos y sus variedades, reportando beneficios económicos por la reducción de costos en un 99,35 % y administrativos por su apoyo para la planificación, así como en la toma de decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, L. (2004). Apuntes para una historia de la informática en Cuba. Consideraciones técnicas, organizativas y económicas. *Universidad de La Habana*, 259, 41-91, ISSN: 0041-8420.
- Celis, P., Sanhueza, P., Villagrán, H., Medina, L., Rojas, J. S., Cameron, M., & Cáceres, L. (2019). *Potenciales efectos de la agricultura digital sobre el mercado laboral agropecuario. Informe final. Consultoría ODEPA*. (p. 154). Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile, ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias).
- Chamorro, A. M., Golik, S. I., Bezus, R., & Pellegrini, A. E. (2016). Análisis energético de cuatro secuencias de cultivo en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(1), 20-31, ISSN: 0719-3890, Publisher: SciELO Chile.
- Díaz-Ortiz, J. J., & Romero-Suarez, M. (2017). *Desarrollo e implementación de un aplicativo web, utilizando la metodología Scrum, para mejorar el proceso de atención al cliente en la empresa Z Aditivos S. A.* [Tesis (en opción al título de Ingeniero de Sistemas)]. Universidad Autónoma del Perú. Lima, Perú.
- Díaz-Otero, R. (2019). *Herramienta para la generación de blogs* [Trabajo Fin de Grado (en opción al título de Ingeniería Informática)]. Universidad de La Coruña. La Coruña, España.

Falcón-Suárez *et al.*: Software para el apoyo a la toma de decisiones en el sector agrícola

- Egido-González, M. (2018). *Aplicación para la gestión y uso de escalas de evaluación en el ámbito sanitario* [Trabajo Fin de Grado (en opción al título de Ingeniería Informática)]. Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- González, U. J., Undurraga, P., Hirzel, J., & Martínez, G. I. (2013). Economic evaluation of a crop rotation portfolio for irrigated farms in central Chile. *Chilean journal of agricultural research*, 73(3), 243-249, ISSN: 0718-5839, Publisher: SciELO Chile.
- Gutiérrez-Castorena, V., Gutiérrez-Castorena, M., & Ortiz -Solorio, C. A. (2015). Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: Revisión. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1), 201-215, ISSN: 2007-0934, Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Kelly-Ferreira, H., & Donizete-Zuchi, J. (2018). Análise comparativa entre frameworks frontend baseados em javascript para aplicações web. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), 111-123, ISSN: 2447-0864, DOI: <http://dx.doi.org/10.31510/inf.v15i2.502>.
- Leyva, R. A. (2015). *Cuba: Acceso a la tierra, políticas públicas y nuevos campesinos usufructuarios*. (p. 16). Universidad de Granma.
- Loja-Mora, N. M., Molina-Ríos, J. R., Morocho, R. R., & Porras-Suriaga, C. M. (2020). *Mensajería cliente-servidor aplicando sockets en las herramientas GEANY IDE 1.31, PHYTON 3.7 y POSTGRESQL 9.5 en el sistema operativo CENTOS 7: Client-server messaging applying sockets in GEANY IDE 1.31, PHYTON 3.7 and POSTGRESQL 9.5 tools in CENTOS 7 operating system*. 4(1), 177-185, ISSN: 2588-056X, Issue: 1.
- Loscalzo, J. (2018). *Medium*, <https://medium.com/@jonathanloscalzo/domain-driven-design-principios-beneficios-y-elementos-primera-par-te-aad90f30aa35>
- Microsoft. (2018). *Microsoft SQL Server 2019 Technical white paper*. Microsoft Corporation.
- PCC-Cuba. (2016). *Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021*. Editora Política del Partido Comunista de Cuba.
- Pérez, O. A. (2011). Cuatro enfoques metodológicos para el desarrollo de Software RUP-MSF-XP-SCRUM. *Inventum*, 6(10), 64-78, ISSN: 2590-8219. <http://dx.doi.org/10.26620/uniminuto.inventum>
- Perfetti, J. J., Bravo-Ureta, B. E., García, A., Pantoja, J., Delgado, M., Blanco, J., Jara, R., Moraga, C., Paredes, G., & Naranjo, J. (2019). *Adecuación de tierras y el desarrollo de la agricultura colombiana: Políticas e instituciones* (p. 456). Fedesarrollo, Centro de Investigación Económica y Social. Bogotá, Colombia.
- Raj, P., Chelladhurai, J. S., & Singh, K. (2015). *Learning Docker: Optimize the power of Docker to run your applications quickly and easily*. Packt Publishing, Packt Publishing. Birmingham, UK.
- Reeves, T., Thomas, G., & Ramsay, G. (2016). *Ahorrar para crecer en la práctica: Maíz, arroz, trigo. Guía para la producción sostenible de cereales*. FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura], Roma, Italia.
- Rodríguez-Guzmán, R., Herrera, J. L., & Herrera, J. A. (2016). Fertilización fosfórica y potásica de la yuca (*manihot sculenta*, crantz) en rotación de cultivos. *Universidad & ciencia*, 5(2), 1-12, ISSN: 2227-2690.
- Roth, D., Anderson, R., & Luttin, S. (2021). *Microsoft*. <https://docs.microsoft.com/es-es/aspnet/core/introduction-to-aspnet-core?view=aspnetcore-6.0>
- Sánchez, M., Barrena, M., Bustos, P., Campillo, C., & García, P. (2020). Arquitectura software basada en tecnologías smart para agricultura de precisión XXI Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos. *XXI Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos*, 219, 14, 84-9012-627-5, Publisher: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Santillán, O., & Rentería, M. E. (2018). *Agricultura de precisión*. 15, 1-5.
- Sudha, A. C., Rajalakshmi, M., & Sathya, K. (2017). Web based Crop Rotation Recommendation in Agrarian Society. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(17), 1-5, ISSN: 2278-0181. DOI: <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTCONV5IS17044>
- Torres-Atochero, A. (2018). *Desarrollo de una aplicación ME AN. para créditos al consumo* [Trabajo Fin de Grado (en opción al título de Ingeniería Informática)]. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España, Publisher: ETSI_Informatica.
- Yong-Chou, A., Crespo-Morales, A., Benítez-Fernández, B., Pavón-Rosales, M. I., & Acosta, G. (2016). Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de San Andrés, municipio La Palma. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 0258-5936, DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2756.3761>. Publisher: Ediciones INCA. <https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2756.3761>.

Javier Alejandro Falcón-Suárez, MSc., Empresa de Proyectos Agropecuarios (ENPA). Autopista a Varadero km 5 ½, Matanzas, Cuba, e-mail: jfalconsuarez@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1873-3304>

René Betancourt-Perera. Ing. Instructor, Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Informáticas. Autopista a Varadero km 3 ½, Matanzas, Cuba, e-mail: rene.betper@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3488-4345>

Ramón Liriano-González, Dr. C. Profesor Titular, Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Autopista a Varadero km 3 ½, Matanzas, Cuba, e-mail: ramon.liriano@umcc.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4099-3065>

Yunel Pérez-Hernández, MSc., Profesor Auxiliar, Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Autopista a Varadero km 3 ½, Matanzas, Cuba, e-mail: yunel.perez@umcc.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7245-5632>

AUTHOR CONTRIBUTIONS:

Conceptualization: J.A. Falcón Suárez. Data curation: J.A. Falcón Suárez, R. Betancourt Perera. Formal analysis: J.A. Falcón Suárez, R. Liriano González, Y. Pérez Hernández. Investigation: J.A. Falcón Suárez, R. Betancourt Perera, R. Liriano González. Methodology: J.A. Falcón Suárez, R. Betancourt Perera. Supervision: R. Liriano González, Y. Pérez Hernández. Validation: J.A. Falcón Suárez, R. Betancourt Perera, R. Liriano González Roles/Writing, original draft: J.A. Falcón Suárez, R. Betancourt Perera Writing, review & editing: J.A. Falcón Suárez, R. Liriano-Glez, Y. Pérez Hernández.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.