

INFORMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE AGROTECNIA Y SANIDAD VEGETAL EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ARROZ

Computerization of Agro-technical processes and plant health in a rice producing company

Dailén M. Calás Cheong^{1✉}, Ronal J. Arias Martínez²
y Yudi Castro Blanco¹

ABSTRACT. The agribusiness company of grains "Fernando Echenique Urquiza" from Granma dedicate to the production of rice consumption and seed, through different processes including agro-technical and plant health, where a large volume of information related to planting and crop care is controlled. The accounting process is performed manually or through Microsoft Excel electronic tab to which different documents are required, causing delays and the possibility of mistakes. In response to these needs, this research aims to develop a *web* application. To implement the methodology of software development Extreme Programming was used, also the programming languages Hypertext Preprocessor, HyperText Markup Language, Cascading Style Sheets and JavaScript, the *Web* application server Apache, the CodeIgniter and Extend JavaScript frameworks, the integrated development environment NetBeans and database manager My Structure Query Language database. With its use the information management and data processing related to agro-technical and plant health data so that it can be quickly provided, enabling greater consistency, security and raising the level of efficiency from the organizational control and the analysis information.

Key words: rice, farming, fertilizers, management, pesticides, production

RESUMEN. La empresa agroindustrial de granos 'Fernando Echenique Urquiza' de Granma, se dedica a la producción de arroz para el consumo y semilla a través de diferentes procesos entre los que se encuentran la agrotecnia y la sanidad vegetal, donde se controla un volumen de información relacionada con la siembra y cuidado del cultivo. El proceso contable se realiza de forma manual o a través del tabulador electrónico Microsoft Excel, lo que provoca retrasos y la posibilidad de que se cometan errores al consultar los diferentes documentos. Para atender a estas necesidades, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar una aplicación *web*. Para su implementación se empleó la metodología de desarrollo de software Programación Extrema, los lenguajes de programación Hypertext Preprocessor, HyperText Markup Language, Cascading Style Sheets y JavaScript, el servidor de aplicaciones *web* Apache, los frameworks CodeIgniter y Extend JavaScript, el entorno de desarrollo integrado NetBeans y el gestor de base de datos My Structure Query Language. Con su empleo se facilita la gestión de la información y procesamiento de los datos de la agrotecnia y la sanidad vegetal de manera rápida, al permitir una mayor consistencia, seguridad y elevar el nivel de eficiencia para el control, la organización y el análisis de la información.

Palabras clave: agricultura, arroz, fertilizantes, gestión, plaguicidas, producción

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*) es cultivado en 113 países y está profundamente integrado en el patrimonio cultural de las sociedades. Es considerado uno de los cereales de mayor importancia para la nutrición mundial,

ya que es el alimento básico de más de la mitad de la población del mundo y el 40 % depende de este para el 80 % de su dieta. Representa una especie genéticamente diversa con amplia adaptación a distintas condiciones de siembra y es uno de los cereales más importantes, al considerar su aporte energético en calorías, así como en proteínas (1–3).

En Cuba el arroz constituye uno de los principales alimentos, con un consumo per cápita anual superior a 60 kg, para cumplir esta demanda se deben realizar elevados niveles de importación.

¹Universidad de Granma (UDG), Carretera vía Holguín km ½ Rpto. Pedro Pompa Bayamo M. N. Granma, Cuba

²Empresa Desoft, Calle Prolongación General García, Granma, Cuba
✉ dcalasc@udg.co.cu

La producción es reducida por dificultades financieras en el sector especializado, mientras que de forma paralela se ha potencializado el sector no especializado (popular), caracterizado en pequeña y mediana escala. Se aplica fundamentalmente en los principios de la agricultura sostenible con la participación de las diversas formas de producción (4). Como alternativa el Ministerio de la Agricultura en 1996 dio inicio al programa de producción no especializada de arroz, con el propósito de incrementar la autosuficiencia familiar e institucional, además de estabilizar la permanencia de este producto en los mercados agropecuarios, basado en el desarrollo de numerosos sistemas; al estimular la utilización de bajos insumos (5). El cultivo del arroz estatal o especializado, se ha visto limitado por la falta de combustible y productos químicos para la nutrición y protección de las plantaciones contra plagas y enfermedades (6,7).

En la provincia Granma la rectora de esta labor es la empresa agroindustrial de granos 'Fernando Echenique Urquiza'. A la misma se subordinan 84 bases productivas compuestas por cuatro Unidades Empresariales Básicas (UEB) y cuatro unidades municipales. Las UEB están compuestas por los sectores estatal y campesino, este último está integrado por Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) y Cooperativas de Producción Agrícola (CPA). Las unidades municipales están conformadas solo por el sector campesino.

En la producción de arroz para el consumo y semilla en esta empresa agroindustrial de granos participan diferentes procesos entre los que se encuentran la agrotecnia, que se dedica al proceso de preparación de tierra, siembra, cosecha y la sanidad vegetal que abarca la distribución de plaguicidas y fertilizantes para la protección del cultivo de los daños ocasionados por las plagas. En ambos procesos se detectaron algunas deficiencias:

Para el procesamiento estadístico del volumen de información de la agrotecnia y la sanidad vegetal se invierte tiempo, debido a que se realiza de forma manual por las CCS, UBPC y CPA o mediante hojas de cálculo de Microsoft Excel por las UEB y la empresa agroindustrial.

Se requiere la consulta de varios documentos lo que implica que se puedan cometer errores. No existe seguridad de la información al poder existir alteración por personal no autorizado y la pérdida de información relevante por deterioro del papel con el paso del tiempo y sustracción.

Se realizó una búsqueda de herramientas informáticas que contribuyan a la gestión de la información de la producción de arroz: A nivel nacional se desarrolló un sistema informático para el control de la producción agrícola arrocerca que lleva por nombre

Sistema de Gestión de Costos Basados en Actividades en la Producción Agrícola Arrocerca (8).

A nivel internacional se encuentra el Sistema Integral de Producción (SIP), realizado por la empresa de Estudios de Capacitación y Servicios de Informática (9).

Estos sistemas no resuelven la situación expuesta anteriormente en la empresa agroindustrial de granos 'Fernando Echenique Urquiza' pues no se ajustan a sus necesidades particulares y además no están disponibles.

Al no encontrarse ningún programa que se pueda emplear en la empresa se propone el desarrollo de uno que gestione la información de manera rápida eficiente y segura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación para entender el comportamiento del problema y determinar las dificultades fundamentales, a través del análisis y síntesis se recopiló y procesó la información que se necesita controlar. Se entrevistó al personal de los departamentos de la agrotecnia y la sanidad vegetal de la empresa agroindustrial de granos 'Fernando Echenique Urquiza' para conocer cómo se realiza el proceso de gestión. Se estudiaron otros sistemas informáticos relacionados con el tema en busca de una mejor vía de solución.

Se hizo un estudio bibliográfico sobre las posibles herramientas, tecnologías y lenguajes a utilizarse para el desarrollo de aplicaciones *web* según sus prestaciones, tendencias actuales y novedades, con el fin de mantener la mayor integración posible y seleccionar las adecuadas (10). Se eligió como metodología de desarrollo de software Extreme Programming (XP), ya que es una metodología ágil centrada en la constante interacción entre el cliente y el grupo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y habilidad para enfrentar los cambios (11).

Se escogieron los lenguajes de programación del lado del cliente HTML5, CSS3 y Javascript versión 3.0.0, por parte del servidor PHP versión 5.4.12 (12). El sistema gestor de base de datos elegido fue MySQL versión 5.6.12. Se seleccionó el patrón Modelo-Vista-Controlador que tiene como objetivo reducir el esfuerzo de programación, necesario en el desarrollo de sistemas múltiples y sincronizados de los mismos datos, a partir de estandarizar el diseño de las aplicaciones. Este patrón divide las partes que conforman una aplicación en el Modelo, las Vistas y los Controladores, lo que permite la implementación por separado de cada elemento, de esta manera se garantiza la actualización y mantenimiento del software de forma sencilla y en un reducido espacio de tiempo.

A partir del uso de marcos de trabajo basados en este patrón se puede lograr una mejor organización del trabajo y mayor especialización de los desarrolladores y diseñadores (13). Se seleccionaron los marcos de trabajo CodeIgniter versión 3.0.6 que permite desarrollar proyectos de forma rápida ya que cuenta con un amplio conjunto de bibliotecas y ExtJS 3.0.0. El entorno de desarrollo integrado NetBeans versión 7.3 por ser de uso libre, gratuito y no tener restricciones de uso, además se puede escribir, compilar, depurar y ejecutar programas escritos en Java (14). Como servidor *web* se escogió el Apache versión 2.2.22 ya que es un software libre y es el más utilizado en la actualidad (15).

Las fases que se siguieron para tener en cuenta lo que la metodología XP establece fueron las siguientes:

Exploración: En ella se definió el alcance del proyecto, se especificaron las funcionalidades que se deseaban informatizar para satisfacer las necesidades del cliente mediante historias de usuario, que constan de tres o cuatro líneas escritas por el cliente en un lenguaje no técnico sin hacer mucho énfasis en los detalles, estimándose el tiempo de desarrollo de cada una, el cual no era superior a los tres días. Entre las funcionalidades definidas se encuentran: actualizar y visualizar la información referente a los plaguicidas, fertilizantes, las horas de vuelo planificadas y realmente realizadas, la cantidad de arroz sembrado, cosechado planificado y realmente realizado, existencia, aplicación y asignación de fertilizantes, plaguicidas, así como el consumo de plaguicidas a nivel de empresa y municipio, entre otras.

Plan de entrega: Se realizó una estimación detallada del tiempo a emplearse en el desarrollo de las historias de usuario para eso se dividieron en tres iteraciones o entregas al cliente. En el cronograma se estimó que la duración de la primera y la segunda iteración fuera de tres semanas cada una y la tercera de cuatro semanas.

1- Iteraciones: Se planificó la etapa de implementación, definiéndose las tareas para desarrollar cada historia de usuario en términos de diseño y programación, se describió cada una y se estimó el tiempo de duración.

2- Producción: Se diseñó, codificó y probó la aplicación *web*. Luego que la primera iteración fue creada, se continuó el trabajo en las nuevas iteraciones.

♦ **Diseño:** Para lograr un sistema sólido, reutilizable y basados en las prácticas de la metodología seleccionada, se trabajó en un diseño sencillo y de fácil manejo. La base de datos se diseñó con 30 tablas normalizada hasta la forma normal de Boyce-Codd mediante la herramienta Embarcadero ER/Studio.

♦ **Codificación:** Se tuvo en cuenta la reutilización de código para agilizar la implementación. Se estableció un estándar de codificación para lograr uniformidad y facilitar la comprensión del código.

♦ **Pruebas:** Se realizaron pruebas al sistema entre ellas las pruebas unitarias y de aceptación, las cuales permitieron corregir las dificultades detectadas, elevar la calidad del mismo y de esta manera comprobar su funcionamiento. Las unitarias o de caja blanca fueron desarrolladas por los programadores para verificar el código, es decir, los detalles procedimentales (la lógica del sistema) (16). Las de aceptación también llamadas pruebas funcionales o de caja negra fueron supervisadas por el cliente basándose en los requerimientos tomados de las historias de usuario, así también se verificó el resultado esperado de una transacción determinada y se llevaron a cabo sobre la interfaz. Estas pruebas permitieron encontrar errores de interfaz, en estructuras de datos, de inicialización, ortográficos, funciones incorrectas y la no actualización correcta de los datos de una computadora (17).

3- Mantenimiento: Durante el desarrollo se tuvieron en cuenta las opiniones del cliente. En esta etapa se identificaron necesidades que propiciaron cambios en la aplicación *web*, lo que dio lugar al mantenimiento de tipo adaptativo, correctivo y perfectivo.

4- Muerte del Proyecto: Se generó la documentación final; al no requerirse más cambios en la arquitectura, cuando el cliente no tuvo más historias de usuario que incluir y al estar satisfecho con el sistema ya que este generó los beneficios esperados, se dio por terminada la aplicación *web*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para desarrollar la aplicación *web* se tuvo en cuenta las necesidades del usuario y una vez implementada se puso a disposición una herramienta informática de fácil manejo que permite gestionar la información de los procesos de la agrotecnia y la sanidad vegetal de forma rápida, segura y eficiente. La misma presenta un diseño simple con una interfaz cómoda que facilita la navegación. Para su acceso se han establecido tres niveles, el de administrador, el técnico de agrotecnia y el de sanidad vegetal. Las contraseñas han sido encriptadas con el método md5. De esta manera se garantiza la seguridad de la información, donde solo los usuarios autorizados podrán actualizar los datos.

Entre la información que se puede actualizar con la aplicación *web* se encuentran los datos de empresa, como son la provincia, los municipios, las unidades y bases productivas. Esto permite que la aplicación pueda desplegarse en cualquier empresa agroindustrial de granos del país al poder actualizarse sus datos.

La sanidad vegetal como se muestra en la Figura 1 cuenta con dos subprocesos, plaguicida y fertilizante. La aplicación *web* permite actualizar en ambos la cantidad que se asigna a la empresa de la instancia superior, a cada unidad y a las bases productivas y los datos de su aplicación en el campo. Además de los datos de los plaguicidas se puede actualizar la información referente a la actividad, las horas de vuelo planificadas y realmente realizadas.

La Figura 2 muestra los datos que se recogen para asignar los plaguicidas a una unidad de producción. Se tuvieron en cuenta algunos elementos que ayudan a que los errores humanos se minimicen como lo es, la selección en este caso de la unidad, el plaguicida y la fecha en vez de tenerla que teclear; también al asignar la cantidad de plaguicida a la unidad si la empresa no cuenta con una cantidad mayor o igual a la que se pretende asignar el sistema es capaz de informar el error y no almacenar la información. Para actualizar los datos, el sistema sigue el mismo diseño para que sea cómodo al cliente. Por ejemplo, el botón aceptar en los formularios siempre va a indicar almacenar la información en la base de datos.

La opción agrotecnia como se muestra en la Figura 3 permite gestionar todo lo relacionado con la tecnología de siembra, el plan de siembra por tecnología, el plan y real de siembra y cosecha.

Los reportes muestran un consolidado de toda la información actualizada durante un mes entre las que se encuentran el consumo de plaguicidas a nivel de empresa y municipio (Figura 4), las dosis de los plaguicidas, el plan de siembra y producción así como el cumplimiento de horas vuelo. Para obtenerlos solo es necesario acceder a la opción y este lo genera de forma rápida al sustituir los cálculos manuales que antes se hacían y disminuyen el tiempo para su realización. De esta manera se adquiere información detallada y precisa, lo cual garantiza una mejor comprensión y ahorro de recursos como el papel al realizarse en formato digital y puede ser consultada en el momento que se necesite. Además, los reportes están diseñados según los modelos oficiales y permite exportarlos a Microsoft Excel e imprimirlos.

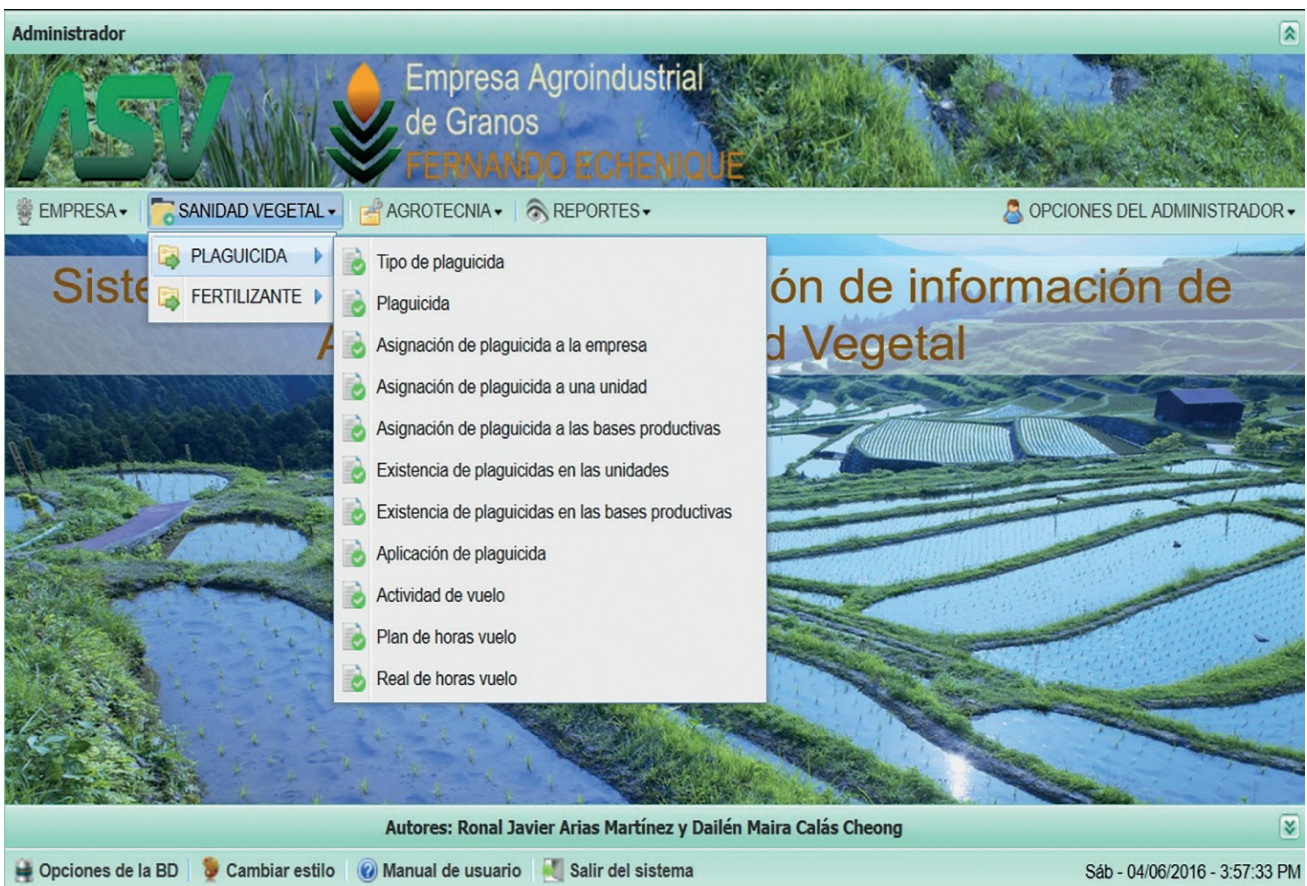


Figura 1. Menú de opciones de sanidad vegetal

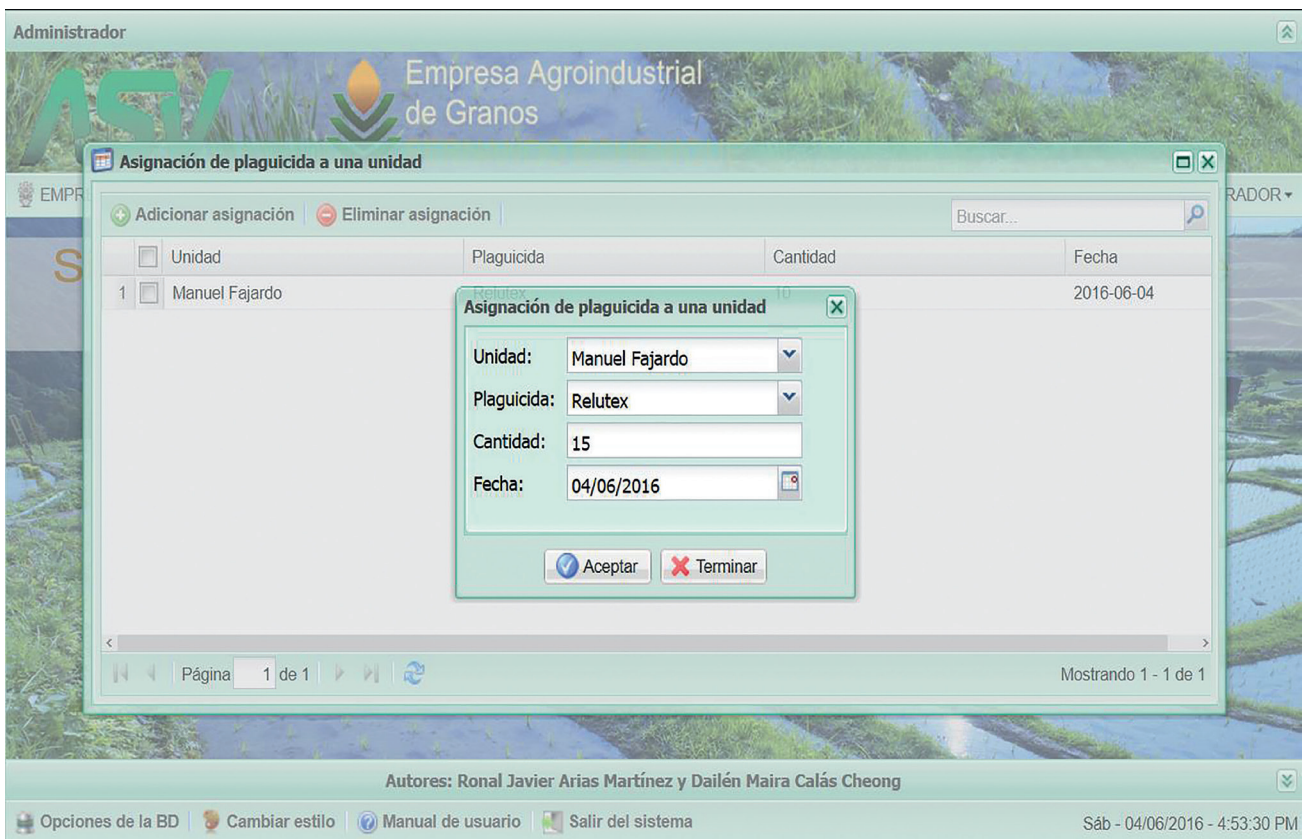


Figura 2. Formulario para asignar plaguicida a una unidad empresarial básica



Figura 3. Menú de opciones de agrotecnia

Administrador

Empresa Agroindustrial de Granos
FERNANDO ECHENIQUE

Consumo de plaguicidas en la empresa

Empresa Agroindustrial de Granos							
Fernando Echenique Urquiza							
Mes:	Año:	Parte mensual del consumo de plaguicidas					
Abril	2017						
No	Producto	Existencia inicial (kg)	Total recibido (kg)	Total disponible (kg)	Producto consumido (kg)	Área tratada (ha)	Existencia final (kg)
1	Acifluorfen	0	50	50			50
2	Molinato	0	50	50			50
3	Relutex	0	50	50			50
Total		0	150	150	0	0	150
Revisado por:							
Aprobado por:							

Guardar Cerrar

Autores: Ronal Javier Arias Martínez y Dailén Maira Calás Cheong

Opciones de la BD Cambiar estilo Manual de usuario Salir del sistema

Jue - 27/04/2017 - 12:15:12 PM

Figura 4. Reporte parte mensual del consumo de plaguicidas

El sistema también cuenta con las funcionalidades de realizar y restaurar salvadas, para garantizar la seguridad de los datos ante la rotura del servidor. Se sugirió al cliente que lo realizara periódicamente, las cuales podrían ser al final de cada jornada de trabajo y además en varios medios de almacenamiento.

La aplicación *web* influye de manera positiva en los procesos de la sanidad vegetal y la agrotecnia. Con su implantación no es necesario mejorar el equipamiento disponible pues se desarrolló en función de sus requerimientos técnicos. Las tecnologías que requiere para su funcionamiento están basadas en software libre por lo que puede ser modificado en caso de cualquier error técnico. Representa beneficios en cuanto al factor tiempo, los errores humanos se minimizan y el control es más sistemático.

Para su utilización se necesita cumplir con los requerimientos de hardware y software con las siguientes características (condiciones mínimas): las computadoras clientes deben contar con Mozilla 1.7 o superior. El sistema operativo debe ser Windows 98 o superior. La máquina computadora servidor debe tener Windows 2000 o superior, servidor *web* Apache versión 2.2.8 o superior, MySQL versión 5.0.51b o superior y PHP versión 5.2.6 o superior y debe estar conectada a la red.

Se realizaron encuestas a los trabajadores que interactuaron con la herramienta y plantearon que mejora la calidad del trabajo al poder realizar las operaciones con mayor rapidez. Los ayuda a elevar su nivel profesional y cultural ya que están en contacto con la tecnología que es utilizada en la mayor parte del mundo en cuanto a medios de comunicación e informatización.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo se obtuvo un sistema informático que contribuye a mejorar la gestión y procesamiento de la información de la agrotecnia y la sanidad vegetal en la empresa 'Fernando Echenique Urquiza'. Mediante su empleo se obtiene información en el momento que se necesite de manera detallada, precisa y con mayor consistencia, lo que mejora el análisis, la comprensión y eleva el nivel de eficiencia para el control, la organización y el análisis de la información. Se valida mediante pruebas de software, las cuales avalan su correcto funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Quesada A, García F. *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 2014;25(2):371–81.
2. Pérez N, González M, Castro R, Aguilar M. Evaluación de cultivares de arroz en diferentes zonas de producción arroceras “Los Palacios”, Pinar del Río, para su utilización en programas de mejoramiento. *Cultivos Tropicales*. 2016;37(1):116–23.
3. Wattoo J, Khan A, Ali Z, Naeem M, Aman M, Hussain N. Study of correlation among yield related traits and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2010;9(46):7853–6.
4. Hernández A, Rives N, Acebo Y, Díaz A, Heydrich M, Divan V. Potencialidades de las bacterias diazotróficas asociativas en la promoción del crecimiento vegetal y el control de *Pyricularia oryzae* (Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista de Protección Vegetal*. 2014;29(1):1–10.
5. Ricote A, Olivares E, Bergollas L. Indicadores de explotación de segadoras de arroz en la producción popular del municipio Vertientes en la provincia de Camagüey, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2010;19(2):22–6.
6. López T, González F, García A, Herrera J, Cid G. Adecuación de un modelo de simulación de cultivo para la predicción del crecimiento y producción del arroz en el sur de La Habana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2010;19(1):57–64.
7. Travieso M, Cedeño R, Expósito I, Lambert T. Efecto de tres abonos orgánicos en el rendimiento y sus componentes en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*, L.). *Revista Granma Ciencia*. 2013;17(3):1–10.
8. Santana S. Aplicación Web para un Sistema de Gestión de Costos Basado en Actividades en la Producción Agrícola Arroceras [Tesis de Diploma]. [Granma, Cuba]: Universidad de Granma; 2013. 57 p.
9. Salvat J. S.I.P. - Sistema Integral de Producción [Internet]. 2008 [cited 2016 Oct 24]. Available from: <http://cybercentroecsi.com.uy/produccion.html#.Wb1R8Wftbcc>
10. Hernández Claro RL, Greguas Navarro D. Estándares de Diseño Web. *Ciencias de la Información*. 2010;41(2):69–71.
11. Escobar DP, Gualteros AC. Estudio de metodologías ágiles para proyectos de software en corto tiempo. *Tecnología Investigación y Academia*. 2013;1(2):148–60.
12. Gauchat J. El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript [Internet]. 2da ed. Barcelona España: MARCOMBO, S.A; 2012 [cited 2016 Dec 9]. 504 p. Available from: http://www.marcombo.com/El-gran-libro-de-html5_css3-y-javascript_isbn9788426719959.html
13. Fernández Y, Díaz Y. Patrón Modelo-Vista-Controlador. *Revista Telemática*. 2012;11(1):47–57.
14. Arbeláez O, Medina F, Chaves J. Herramientas para el desarrollo rápido de aplicaciones web. *Scientia et Technica*. 2011;XVII(47):254–8.
15. Linhares ES, Ogawa FM, Pimentel J, Souza MM. Comparativos entre os servidores web: Apache e IIS. *Revista Computação Aplicada - UNG*. 2014;3(1):35–9.
16. Villa A, Giraldo JE. Automatización de pruebas unitarias de códigos PHP. *Scientia et Technica*. 2012;XVII(5):147–51.
17. González J, Domínguez F, Guitérrez J, Escalona M. Pruebas de aceptación orientadas al usuario: contexto ágil para un proyecto de gestión documental. *Ibersid*. 2014;8:73–80.

Recibido: 7 de noviembre de 2016

Aceptado: 11 de mayo de 2017