

Evaluación de un sistema de apoyo para el diagnóstico de Sigatoka Negra

Jesús Cuevas-Gutiérrez, Carlos Flores-Cortés, Juan Antonio Guerrero Ibáñez

Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Colima,
México

{jcuevas7, cfcortes, antonio_guerrero}@ucol.mx

Resumen. El control de la Sigatoka negra se basa en el uso continuo de fungicidas y prácticas de cultivo. Para combatir la enfermedad es importante monitorear periódicamente la plantación para conocer el comportamiento de la enfermedad y obtener información que auxilie en la toma de decisiones. Sin embargo, no en todas las plantaciones se cuenta con personal capacitado que pueda realizar los muestreos, por lo que se aplican fungicidas de manera preestablecida por no contar con información precisa. Por lo tanto, en este trabajo se presenta el diseño, desarrollo y evaluación de un software, el cual ayuda a realizar muestreos de Sigatoka negra a cualquier persona, aunque ésta no tenga conocimientos sobre las características y síntomas de la enfermedad, para así conocer el estado fitosanitario de la huerta. El sistema fue evaluado a través de pruebas de usabilidad y de precisión.

Palabras clave: Sigatoka negra, sistemas de muestreo, aplicaciones móviles.

1. Introducción

En México, existen más de 77,000 hectáreas dedicadas al cultivo de bananos y plátanos. En la actualidad, la enfermedad conocida como Sigatoka negra es el principal problema fitosanitario que afecta la producción de este frutal en nuestro país. Esta enfermedad es causada por un hongo y representa una seria amenaza para la industria bananera, ya que es altamente destructiva y afecta las principales variedades de bananos y plátanos [1].

El control de la Sigatoka negra es obligatorio para obtener una producción de valor comercial aceptable. Esto eleva los costos de producción y por ende los pequeños productores se ven afectados a tal magnitud que en ocasiones cambian de rubro. Los productores comerciales han logrado disminuir la evolución de la Sigatoka negra aplicando controles basados en tratamientos químicos y prácticas culturales en paralelo, como el control de malezas, eliminación de las hojas secas, entre otros. Pero la aplicación de controles químicos trae como consecuencia efectos de gravedad sobre el medio ambiente y riesgo de generar resistencia del hongo al fungicida [2].

Por tanto, el presente trabajo se basa en diseñar un sistema de adquisición y análisis de información en el cultivo del plátano, el cual ayude a determinar la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra. El sistema consiste en tres módulos principales, los

cuales son: la recolección de datos a través de un dispositivo móvil, la presentación de una guía para el usuario inexperto y el procesamiento y análisis de información. El software fue evaluado a través de pruebas con usuarios para conocer su usabilidad y confiabilidad.

2. Trabajos relacionados

Dentro de los trabajos que se han hecho con la intención de facilitar la medición y vigilancia de la Sigatoka negra, se puede destacar el esfuerzo de Vargas [3] por crear un sistema que apoye esta labor basado en tecnología computacional tradicional e incluyendo un PDA (Personal Digital Assistant, por sus siglas en inglés). Se utilizó para este caso la técnica de Stover modificada por Gauhl [4] y el sistema consistía en anotar en un PDA la información del muestreo de una manera muy tradicional, es decir, solo rellenando campos para posteriormente pasarlos a una PC de escritorio para su almacenaje.

Otro trabajo importante es el que realizaron Freitez et al. [5], quienes desarrollaron un modelo predictivo del brote de esta enfermedad para las plantaciones de plátano al sur de Maracaibo, a fin de decidir el momento más oportuno de efectuar la aplicación de fungicidas. A tal fin se elaboraron modelos que tratan de relacionar indicadores biológicos de ocurrencia de la enfermedad con datos meteorológicos.

Otro proyecto realizado es el de Jiménez et al. [6] que consiste en el desarrollo de un sistema capaz de seguir el comportamiento espacial y temporal de algunas enfermedades del durazno usando las tecnologías de agricultura de precisión. Este sistema emplea una red inalámbrica de sensores para monitorizar el clima y trampas para insectos, un sistema de adquisición de datos basado en PDA y un sistema de procesamiento y visualización.

3. Estudio del problema

En las plantaciones comerciales de banano se requiere de un manejo eficiente de Sigatoka negra, para lo cual es necesario contar con información que permita tener una idea clara y precisa del estado fitosanitario del huerto con el propósito de prevenir daños severos al cultivo y aplicar eficientemente el uso de fungicidas.

Para realizar este control se debe contar con personal calificado que conozca los métodos y esté familiarizado con la enfermedad. Sin embargo, para pequeños y medianos productores no les resulta conveniente contratar a técnicos o ingenieros agrónomos de tiempo completo, por lo que se contratan ocasionalmente y esto provoca hacer muestreos en periodos de tiempo muy irregulares, por lo tanto no se cuenta con información precisa para hacer las aplicaciones de agroquímicos.

Finalmente, las aplicaciones se hacen en forma general, sin precisar si se amerita y si la enfermedad está avanzando o no. Este tipo de decisiones, es la causa de los altos costos por su control, la ineficiencia de los productos químicos utilizados y por consiguiente de la contaminación ambiental.

4. Sistema para el diagnóstico de Sigatoka Negra

4.1. Arquitectura del sistema

El sistema desarrollado consiste en una aplicación (app) móvil que permite realizar muestreos de la Sigatoka negra utilizando como base el método de Stover modificado por Gauhl. La principal característica que contiene, es que cualquier persona sin conocimientos en la aplicación del método y de la propia enfermedad pueda realizar un diagnóstico. Esto con el fin de optimizar los tiempos en la realización del muestreo y en la presentación de la información acerca de la incidencia y severidad de la Sigatoka negra. Con lo anterior se podrá contar oportunamente con información fiable acerca del estado fitosanitario de la plantación.

En la Fig. 1 se puede apreciar el diagrama general de la arquitectura de nuestro sistema, que es la propuesta desarrollada para cubrir las necesidades detectadas.

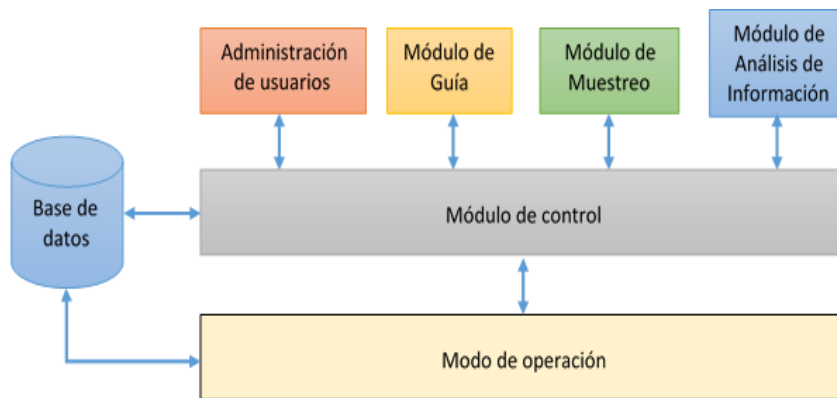


Fig. 1. Arquitectura general del sistema.

4.2. Módulos

El software que se desarrolló cuenta con tres principales módulos, más uno de control, el cual es el encargado de todo lo relacionado con la comunicación y procesamiento de la información entre los demás módulos. En conjunto estos elementos ayudan al usuario a realizar los muestreos y obtener la información acerca de la incidencia y severidad de la Sigatoka negra. A continuación se describen cada uno de ellos:

Guía. Este módulo ayuda al usuario a base de imágenes e información puntual a identificar la sintomatología de la Sigatoka negra y a cómo realizar el muestreo. Otra función de la guía es que se puede iniciar un test sobre las características de la enfermedad y de la metodología, el cual le muestra al usuario el nivel de aprendizaje y decide si se muestran las sugerencias cuando se esté realizando un muestreo.

Muestreo. En este módulo es donde se realiza el muestreo de Sigatoka negra. Primero se solicitan las hectáreas y tablas en las que está dividida la huerta, para que a partir de esto la aplicación determine el número de plantas a ser analizadas. Posteriormente, el software va solicitando la información requerida de acuerdo a seis

pasos que se definieron tomando como base el método de Stover modificado por Gauhl. Esto se repite para cada planta y se lleva el registro automático de las plantas que ya han sido analizadas y las que faltan para completar el muestreo.

Análisis de información. En este módulo se calculan de forma transparente al usuario diversos datos que nos ayudan a conocer la situación fitosanitaria de la huerta. Presenta informes sobre: promedio ponderado de infección, porcentajes por grados de infección, promedios de parámetros fitopatológicos y progreso de la enfermedad en la plantación.

4.3. Modos de operación

El software cuenta con dos modos de operación de acuerdo al nivel de conocimiento que presente el usuario. Primeramente se realiza un test donde se le pide al usuario que conteste algunas preguntas acerca de la sintomatología de la enfermedad y también acerca de la manera en cómo se realiza un muestreo con la metodología de Stover modificado por Gauhl. A partir del resultado, se indica en qué modo es conveniente que el usuario utilice la aplicación.

El primer modo de operación es el nivel básico, este consiste en que al momento de estar realizando el muestreo, la aplicación va mostrando la guía con los pasos que se deben seguir, puesto que el usuario todavía no se encuentra familiarizado con ellos. De esta manera el usuario no tiene que regresar a la opción de guía, buscar el paso en el que se encuentra en ese momento y ver la descripción de lo que tiene que hacer. Con esto se logra tener una mayor fluidez al momento de realizar los muestreos.

El segundo modo de operación es el nivel avanzado, este consiste en realizar el muestreo sin mostrar la guía y solo se piden los datos necesarios de acuerdo a la metodología para determinar el Promedio Ponderado de Infección (PPI). Este modo resulta más cómodo que el anterior para los usuarios que ya tienen conocimientos previos del método. Una vez que un usuario se familiarice con la metodología, puede cambiar del nivel básico al avanzado.

5. Evaluación y resultados

En esta sección se presentan las evaluaciones realizadas al sistema de adquisición y análisis de información para el diagnóstico de Sigatoka negra y que nos ayudaron a definir la usabilidad y confiabilidad del mismo.

5.1. Pruebas de usabilidad

De acuerdo a Nielsen [7] el número de participantes que son necesarios para detectar el 100% de los problemas más importantes de usabilidad de un diseño se encuentra en torno a 15. Sin embargo, este autor recomienda que en vez de hacer una prueba con 15 participantes, es mejor llevar a cabo tres pruebas con 5 participantes por cada una, repartidas en diferentes momentos del proceso de desarrollo. Por lo tanto, en esta investigación el universo de personas que participaron en la evaluación son 5, y se

presentan los resultados de la última prueba, ya que las primeras dos fueron utilizadas como fases preliminares para ir mejorando la solución de diseño.

Es necesario señalar que ninguno de los usuarios había realizado la prueba de usabilidad de nuestro sistema. Del total de los usuarios, el 100% no ha utilizado este tipo de software para la realización de un muestreo de la enfermedad, por lo tanto no tienen una opinión previa ni prejuicios acerca de éste.

Se aplicaron los siguientes instrumentos de evaluación: 1.- Cuestionario pre-prueba para conocer acerca de la experiencia que tienen los usuarios en el tema, 2.- Escala de la Usabilidad del Sistema (SUS: System Usability Scale), 3.- Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM: Technology Acceptance Model) y una 4.- entrevista final para recabar los comentarios generales de los usuarios.

Instrumento de evaluación TAM. Para medir la aceptación del sistema desarrollado se utilizó el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM). El propósito del TAM es explicar las causas de la aceptación de la tecnología por parte del usuario. Tomando en cuenta las respuestas “de acuerdo”, “muy de acuerdo” y “totalmente de acuerdo” los resultados que arrojaron las pruebas TAM son los siguientes:

Respecto a la percepción de facilidad de uso: el 100% de los usuarios consideró que el sistema es sencillo de usar, el 100% creyó que es fácil de aprender, el 100% consideró que es claro y entendible y el 100% consideró que sería fácil encontrar información.

Con respecto a la percepción de utilidad: el 100% consideró que el sistema mejorará su eficiencia, el 100% creyó que mejorará su desempeño, también el 100% consideró que mejorará su productividad y el 100% encontró el sistema muy útil.

Respecto a la actitud hacia el uso del software: un 100% mencionó que no le disgustaba, el 100% mostró una actitud favorable, el 100% creyó que el sistema era una buena idea y también el 100% creyó que no era una idea tonta.

Finalmente, el 100% de los usuarios tiene intención de usar el sistema, también el 100% mencionó que lo volvería a usar y el 100% expresó que utilizaría el sistema para realizar los muestreos de Sigatoka negra.

Instrumento de evaluación SUS. La Escala de la Usabilidad del Sistema ha demostrado ser una herramienta simple y fiable que se correlaciona bien con las métricas de usabilidad. Su propósito es el de proporcionar un cuestionario de usabilidad fácil de completar y calificar, además permite establecer comparaciones cruzadas entre productos. De cada cuestionario SUS se obtiene una calificación en una escala de 0 (nula usabilidad) a 100 (alta usabilidad). La evaluación dio una calificación promedio de 87 puntos.

En la Fig. 2 se puede encontrar la distribución de las frecuencias, en las cuales se puede observar que el 100% de los usuarios dieron una calificación mayor a 70 puntos, siendo un buen resultado ya que hablando de evaluaciones SUS, un valor mínimo de 70 puntos indica que el sistema tiene una usabilidad adecuada.

Evaluación con los usuarios (entrevista final y observaciones). Con los resultados obtenidos a partir de las entrevistas finales y observaciones durante las sesiones de pruebas es posible identificar una serie de mejoras para el sistema ayudando a fortalecer las debilidades detectadas y con ello definir nuestras áreas de oportunidad que apoyen a alcanzar los objetivos definidos inicialmente.

Así entonces, se puede concluir que la fortaleza del sistema se encuentra en la característica intuitiva que maneja ya que es sencillo y fácil de usar, además en la

eficiencia en alcanzar los objetivos de forma cómoda para el usuario, ya que al finalizar el muestreo cuenta con toda la información necesaria para conocer el estado de la Sigatoka negra en la huerta.

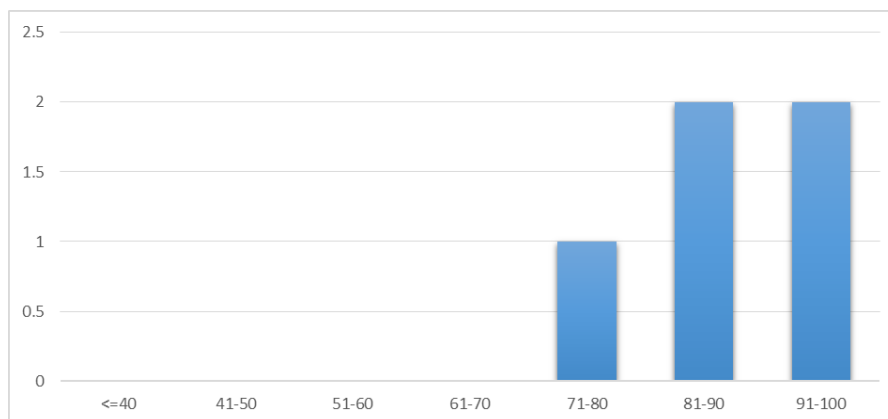


Fig. 2. Distribución de las frecuencias en los resultados de SUS.

Sin embargo, una de las debilidades identificadas fue que el sistema debería de mostrar un poco más de detalles en la identificación de los grados de pizca y estría de la Sigatoka negra, puesto que esto podría provocar que existan diferencias de apreciación en los pasos donde se tiene que indicar las hojas más jóvenes con pizca y estría.

5.2. Evaluación en la precisión de resultados

Para la evaluación se consideraron a cinco usuarios inexpertos en Sigatoka negra para que hicieran un muestreo completo utilizando nuestro sistema, y comparar los resultados con el muestreo realizado por un técnico especialista en dicha enfermedad, para esto se contabilizaron los errores y se sacaron los porcentajes correspondientes. Se compararon las siguientes métricas: tiempo en realizar el muestreo, tiempo en mostrar resultados y precisión en los resultados para los pasos del muestreo.

La primera métrica analizada es el tiempo en realizar el muestreo, donde el técnico realizó la actividad en 27 minutos y los usuarios en promedio tardaron 32.6 minutos, esto debido a que el técnico ya cuenta con experiencia en la identificación de los síntomas de la Sigatoka negra, sin embargo, una vez que los usuarios se vayan familiarizando con éstos el tiempo podrá reducirse, ya que lo que se observó durante el muestreo fue que se detenían un poco en identificar las pizcas y estrías por no conocer bien sus características y no por el uso del software.

Para la métrica de tiempo en mostrar los resultados, el técnico tardó 11 minutos en calcular el promedio ponderado de infección, esto debido a que sólo eran 5 plantas en el muestreo realizado, pero que con mayor número de plantas se incrementaría el tiempo. Por el contrario usando nuestro software inmediatamente después de haber concluido el muestreo nos muestra los resultados, y no sólo del promedio ponderado de infección, sino de los demás informes mencionados en la sección 4.2.

Para la tercera métrica, en la Fig. 3 se muestran los promedios de precisión por cada paso del muestreo realizado. Se obtuvo un 100% en el paso de la selección de plantas a analizar, puesto que todos los usuarios pudieron identificar las plantas que estaban en proceso de parición. Para el paso del conteo de hojas se obtuvo un 92%, esto debido a que algunas plantas estaban muy cercanas y se traslapaban las hojas.

Para el paso en la determinación de la hoja más joven con pizca se obtuvo un 84% y para la estría un 88%, esto fue debido a que existen diferentes lesiones de las hojas que pudieran parecer Sigatoka negra pero no lo son, así que los usuarios pudieron haber confundido esto.

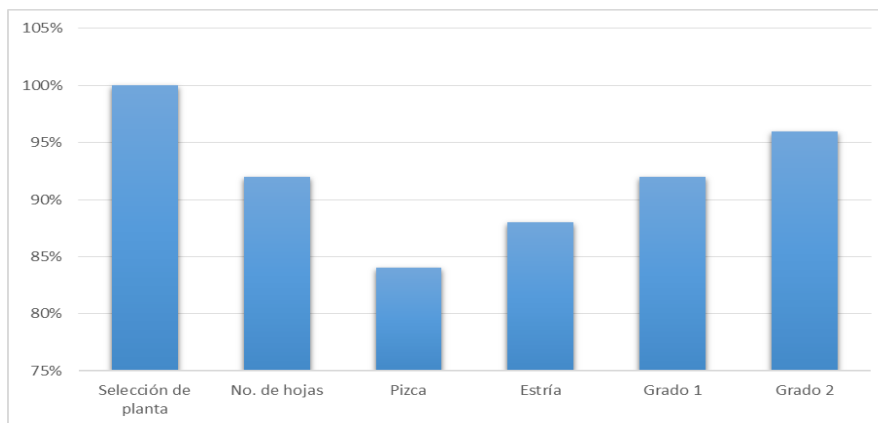


Fig. 3. Promedios de precisión por paso de muestreo.

Para la determinación de los grados de quema, se obtuvo un 92% para el grado uno y un 96% para el grado dos. Los grados del tres al seis no se presentaron durante el muestreo realizado. Por último mencionar que aunque en los resultados obtenidos hubo algunas diferencias en la precisión, estas fueron mínimas puesto que sólo varían un poco en los promedios de las hojas más jóvenes con pizca y estría, pero no en la determinación del promedio ponderado de infección, el cual es el indicativo general para conocer el estado fitosanitario de la huerta.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Éste trabajo presentó el desarrollo y evaluación de un sistema de adquisición y análisis de información para el diagnóstico de Sigatoka negra.

El software desarrollado permitió realizar un muestreo completo de Sigatoka negra a personas que no conocían el método, ni las características específicas de la enfermedad y sin necesidad de contar con la ayuda de un técnico especialista o ingeniero agrónomo.

La usabilidad que presentó el software a través de las pruebas fue muy buena, ya que se obtuvieron 87 puntos, de donde a partir de 70 ya se considera conveniente. Esto se pudo notar también a la hora de realizar los muestreos, ya que los usuarios se expresaron bien y no tuvieron complicaciones para concluir con el mismo.

El software desarrollado cumplió de forma eficiente en cuanto a la precisión de las métricas analizadas, ya que las variaciones que se obtuvieron no fueron factor determinante para que el promedio ponderado de infección resultara diferente en comparación con los resultados de un técnico especialista, por lo tanto se puede decir que el software es confiable.

Como trabajos futuros, se recomienda realizar un seguimiento a los usuarios con los que se realizaron las pruebas, para conocer el avance que les pudiera generar el continuo uso del software en el conocimiento de las características de la Sigatoka negra. También se pretende añadir más funciones al sistema, en específico que pueda generar sugerencias sobre productos químicos que se deben aplicar para controlar la enfermedad de acuerdo a las características que se estén presentando en el momento de los muestreos.

Referencias

1. Orozco-Santos, M., García-Mariscal, K., Manzo-Sánchez, G., Guzmán-González, S., Martínez-Bolaños, L., Beltrán-García, M., Garrido-Ramírez, E., Torres-Amezcuca, J.A., Canto-Canché, B.: La sigatoka negra y su manejo integrado en banano. Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México, p. 152 (2013)
2. Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Manzo Sánchez, G., Farías-Larios, J., da Silva Moraes, W.: Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, Vol. 33, No. 3, pp. 189–196 (2008)
3. Vargas, E.: Monitoreo asistido de plantaciones agrícolas: Técnicas de procesamiento digital de imágenes e inteligencia artificial para diagnosticar y controlar la incidencia de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* var *diformis* Morelet) en plantaciones de banano (*Musa* spp. cv. AAA) y plátano curre (Musa spp. cv. AAB). Instituto Tecnológico de Costa Rica (2008)
4. Gauhl, F.: Epidemiología y Ecología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet en Plátano (*Musa* sp.), en Costa Rica). Unión de Países Exportadores de Banano (1990)
5. Freitez, J., Ablan, M., Gómez, C.: Propuesta de modelos predictivos del brote de la sigatoka negra para las plantaciones de plátano al sur del lago de Maracaibo. *Revista UDO Agrícola* Vol. 9, No. 1, pp. 191–198 (2009)
6. Jimenez, A., Ravelo, D., Gómez, J.: Sistema de adquisición, almacenamiento y análisis de información fenológica para el manejo de plagas y enfermedades de un duraznero mediante tecnologías de agricultura de precisión. *Revista Tecnura*, Vol. 14, No. 27, pp. 41–51 (2010)
7. Nielsen, J.: Why You Only Need to Test with 5 users. <http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>