

El Software de entrenamiento para la detección visual de fitopatologías

Carlos Roberto Martínez Martínez

Ingeniero en Sistemas Informáticos

Docente investigador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad Católica de El Salvador, El Salvador

carlosm2@gmail.com

Fecha de recepción: 20-11-2015 / **Fecha de aceptación:** 18-12-2015

Resumen

EduAgro se creó como una herramienta educativa, sin costo para el alumnado; accesible a través de una interfaz web, utilizando una computadora de escritorio o un dispositivo móvil, con la finalidad de reforzar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Católica de El Salvador respecto a la temática del diagnóstico de fitopatologías, daños por insectos, entre otros.

A EduAgro se le dotó inicialmente de catálogos sobre enfermedades de cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile verde (*Capsicum annum*), ofreciendo además un entrenador visual que funcionaría en forma similar a un juego tipo trivia, innovando mediante la presentación al usuario de una colección de fotografías verosímiles a la agricultura salvadoreña.

Con el fin de validar su efectividad como herramienta educativa se realizaron dos pruebas de diagnóstico: una anterior al uso de EduAgro, y otra posterior; resultando que el promedio de las notas de los participantes se incrementó de un 2.6 (en la escala de cero al diez) a un 7.7, durante un periodo no máximo de dos semanas. Se registró una mayor utilización del software durante los tiempos libres de los estudiantes, disminuyendo de este modo - aunque sea temporalmente - el uso de redes sociales y juegos en línea, cambiándolos voluntariamente por una alternativa más productiva.

Palabras clave: software educativo, fitopatología, agronomía, cultivos, aprendizaje

Abstract

EduAgro was created as an educational tool, free of charge to students; accessible through a web interface, using a desktop computer or a mobile device, with the aim of reinforcing students of the major Agronomic Engineering of Catholic University of El Salvador about the diagnostic subject matter of phytopathology, insect injury, and others.

EduAgro was initially equipped of catalogs about diseases caused by tomato crops (*Solanum lycopersicum*) and green pepper (*Capsicum annum*), offering as well a visual trainer that would work similar to a trivia game, innovating by means of a picture presentation to the user about a collection of credible pictures of the Salvadoran agriculture.

With the purpose of validating its effectiveness as an educational tool, there were created two diagnostic tests: one before the usage of EduAgro, and the other one after it; resulting that the average scores of the participants was increased from 2.6 (in the scale from zero to ten) to 7.7, during a period not longer than two weeks. It was registered a greater use of the software during students' free time, thereby decreasing – though temporarily- the use of social networks and online games, changing them, voluntarily, for a more beneficial choice.

Key words: educational software, phytopathology, agronomy, crops, learning

1. Introducción

En los últimos años se ha hablado mucho sobre la amenaza de una posible crisis alimentaria como efecto de diversos factores que afectan los cultivos tradicionales, tales como: el cambio climático, la incidencia de plagas y de enfermedades. Organismos perjudiciales - tanto microscópicos como macroscópicos - suelen verse favorecidos con el cambio en el patrón de lluvias, temperaturas, vientos, y otras variables ambientales. Esto genera la necesidad de mejorar la educación en cuanto a manejo agronómico, con el objetivo de proteger las cosechas; como ejemplo puede mencionarse la alerta que el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG) emitió en el 2015, con respecto a la presencia del pulgón (*Myzus persicae*) como una nueva plaga que afecta los cultivos de importancia para el país, principalmente sorgo y maíz.¹

En este sentido, es vital que los nuevos profesionales de la agricultura se empoderen de todos los beneficios de la tecnología actual, con el fin de profundizar en aquellos conocimientos que colaboren a garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de la agricultura en El Salvador. Por ello, la investigación incursionó en la poco explorada rama del software educativo aplicado a la Agronomía, mediante el desarrollo de un sitio web educativo que provee de un catálogo de diversas patologías de cultivos relevantes, ofreciendo – además - un entrenador

visual interactivo para el refuerzo cognitivo en dicha temática.

Para ello, dicho software se diseñó para proporcionar al visitante un conjunto completo de información visual con respecto a los síntomas que presentan las patologías más comunes en El Salvador. Luego, un grupo de estudiantes fueron sometidos a entrenamiento visual, mediante este software, observándose en ellos un efecto positivo en cuanto a la detección temprana de problemáticas en cultivos, simulando un diagnóstico para la de toma de acciones a corto plazo.

Ante esto, cabe formular la pregunta: ¿Qué tan acertado puede ser el diagnóstico de una plaga o enfermedad mediante la simple inspección visual? En la mayoría de los casos sí puede serlo, cuando se conoce en detalle las características de las plagas y enfermedades para la zona en la que se encuentra ubicado el cultivo. En algunos casos, los síntomas son inequívocos, tales como el daño en follaje causado por zompopo (*Atta* sp.); la coloración púrpura en los alrededores de las hojas, debido a una deficiencia nutricional de fósforo o la aparición de un polvillo blanco en las hojas y tallos, que es causado por cierto tipo de hongo conocido como mildiú polvoriento (causada mayormente por *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*).²

La importancia de la observación simple como herramienta de diagnóstico de primera línea, basada en el conocimiento de sintomatolo-

1. MAG informa a los productores sobre plaga pulgón amarillo (2015). Recuperado de <http://www.mag.gob.sv/mag-informa-a-los-productores-sobre-plaga-pulgon-amarillo/>

2. Agrios, G. (2005)

gías, radica en el hecho de que, si bien es aconsejable recolectar muestras y someterlas a análisis de laboratorio, el avance de una patología puede ser devastador en muy corto tiempo, dejando escasas alternativas a la mano del agricultor para el momento en que éste finalmente pudiese disponer de un dictamen técnico especializado. En cambio, el agrónomo de campo debería ser capaz de tomar eficazmente acciones preventivas y correctivas, en paralelo a la realización de pruebas mediante laboratorios especializados.

2. Metodología

Para desarrollar y validar el software educativo EduAgro, se realizó una convergencia de tres áreas del conocimiento: Programación de Sistemas Informáticos, Pedagogía y Fitopatología (ver figura 1).

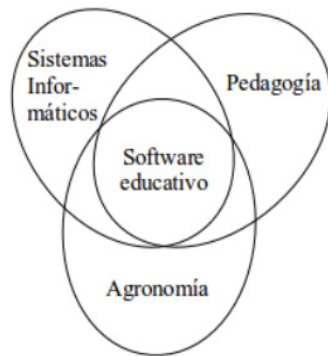


Figura 1. Modelo de integración de áreas del conocimiento en la investigación.

Para la investigación se plantearon cinco etapas fundamentales, las cuales fueron:

Fase 1. Diseño y desarrollo del software educativo: En primer lugar, se ejecutó un proceso de análisis de sistemas y se desarrolló un prototipo no funcional para su validación con posibles usuarios finales. A continuación, se creó la base de datos; luego se desarrolló un módulo de alimentación y mantenimiento de la información; se codificó el software de entrenamiento en modalidad web; y finalmente, se integraron los servicios en línea. En concreto, los componentes desarrollados, fueron: Módulo CRUD de cultivos y fitopatologías, módulo de registro y control de usuarios, módulo de estadísticas, módulo de entrenamiento educativo para diagnóstico visual y módulo de reproducción de catálogos de información agronómica. Las tecnologías utilizadas para el desarrollo fueron de tipo software libre, por lo cual la Universidad no necesitó adquirir costosas licencias. El sistema operativo plataforma fue GNU/Linux. Asimismo, se usó el servidor web Apache, codificando el sistema mediante el lenguaje PHP. La base de datos se implementó en un servidor MySQL.

El sitio web educativo se creó con carácter “adaptativo” mediante la API JQuery Mobile. Esto implica que la interfaz se ajusta automáticamente a las condiciones de distintos dispositivos como tablets, smartphones, laptops y computadores de escritorio, para asegurar su máximo rendimiento y la optimización de su configuración visual. Por otra parte, el algoritmo del entrenador visual se modela en la figura 2.

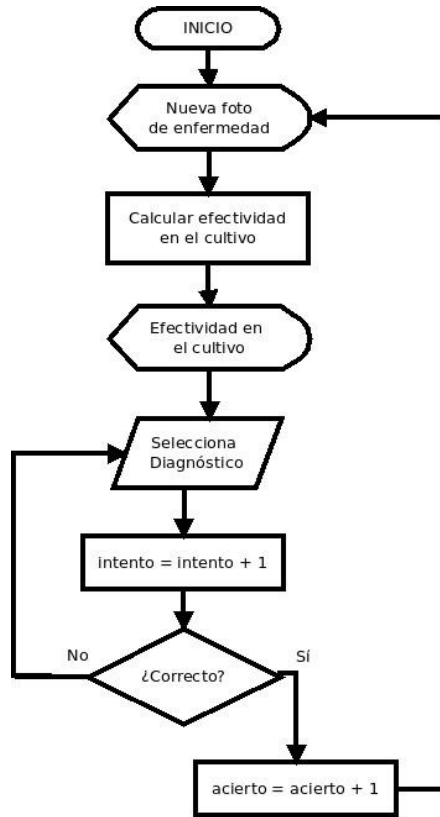


Figura 2. Flujograma del entrenador visual.

Fase 2. Recopilación de un banco de datos de prueba: Se implementaron imágenes de uso libre, citando sus respectivas fuentes, para establecer una base de datos inicial que sirvieron para la realización de pruebas de aprendizaje por parte de los estudiantes que participaron en la investigación; los cultivos seleccionados para este propósito fueron tomate y chile verde. La validación de la herramienta se realizó mediante el estudio específico de casos de fitopatologías y efectos de plagas que son comunes en nuestro medio

Fase 3. Elaboración y administración de instrumento de diagnóstico “Pre-test”: Se administró un test de diagnóstico al grupo de 47 estudiantes que cursaban la última etapa de la

carrera de Ingeniería Agronómica, con el fin de medir sus conocimientos sobre el diagnóstico de fitopatologías en campo. Esto se realizó en un momento previo al uso del software educativo. El método empleado fue el de medición de habilidades para diagnóstico de patologías. Dicha medición se determinó con base a una nota comprendida en la escala del 0 al 100%. También se realizaron entrevistas para conocer aspectos cualitativos relacionados con la evaluación.

El instrumento de medición, utilizado como pre-test y pos-test, fue desarrollado por un ingeniero agrónomo de remarcada trayectoria académica y laboral, en lo relativo a la prevención y tratamiento de fitopatologías. Los elementos de estas pruebas no fueron incluidos en EduAgro, con el fin de garantizar la pertinencia e imparcialidad de los resultados de las pruebas de diagnóstico.

Fase 4. Inducción a los estudiantes en cuanto al uso del software educativo: Se capacitó a los estudiantes en cuanto al uso del software y se dio seguimiento a su progreso durante un periodo de dos semanas. Para ello se midió su eficacia en cuanto al diagnóstico para cada cultivo según la siguiente fórmula (ver figura 3).

$$Eficacia = \left(\frac{\sum \text{aciertos}}{\sum \text{intentos}} \right) \times 100$$

Figura 3. Cálculo de la eficacia de diagnósticos en el entrenador visual.

En la cual se determina que, la eficacia es el porcentaje de diagnósticos acertados; la sumatoria de aciertos se constituye por todos los diagnósticos correctamente seleccionados en el entrenador visual; y la sumatoria de los intentos, es la cantidad de diagnósticos ingresados al entrenador, tanto correctos como incorrectos.

Dicho valor de eficacia estaba siempre visible en el software y se actualizaba luego de cada intento, con el fin de dar a conocer al estudiante – interactivamente - su respectivo progreso. Si bien, ésta fórmula puede tomarse como un indicador para motivar el aprendizaje, pero no era válida como indicador de logro, ya que un usuario podía tener una eficacia alta aunque hubiera realizado muy pocos intentos, si la mayoría de estos hubiesen sido correctos. Por tal motivo, se calculó el puntaje global mediante la siguiente fórmula (ver figura 4).

$$Puntaje = \frac{(\sum \text{aciertos})^2}{\sum \text{intentos}}$$

Figura 4. Cálculo del puntaje general obtenido en el entrenador visual.

En esta fórmula, el puntaje es la medida del rendimiento general del estudiante al usar el entrenador visual. La sumatoria de aciertos al cuadrado representa la fracción de intentos que fueron acertados, multiplicados por la cantidad misma de interacciones exitosas del usuario con el software. La sumatoria de intentos es la cantidad de diagnósticos ingresados al entrenador, tanto correcto como incorrecto.

Fase 5. Administración de Pos-Test: Se administró nuevamente el mismo examen usado como pre-test a los estudiantes seleccionados, con el fin de medir las competencias alcanzadas posteriormente al entrenamiento efectuado mediante el uso del software educativo. Con esto se comprobó la eficacia de dicho software. La medición produjo una nota en la escala del 0 al 100%. Las preguntas que conformaban ambos diagnósticos contenían imágenes de autoría propia, tomadas recientemente en cultivos ubicados en nuestro país, y que no fueron incluidas en los catálogos de EduAgro, con el fin de que los resultados del pos-test modelaran debidamente del aprendizaje de características de sintomatologías y diagnóstico por semejanzas, sin proporcionar por adelantado las respuestas a las enfermedades que se proponían en las pruebas.

3. Resultados

3.1 Desarrollo de Sistema Informático

EduAgro fue creado para ser accedido vía web. El formato que le fue otorgado puede apreciarse en la figura 5, la cual representa el aspecto de cuando se accede a través de laptops, desktops y mini laptops; las figuras 6 y 7 emulan la apariencia de la interfaz en iOS y Android. El sistema fue probado en producción real desde sistemas operativos GNU/Linux y Windows, con navegadores tales como Mozilla Firefox, Chrome y Microsoft Internet Explorer. También se probó en móviles iPhone y Android, sin tener - en ninguno de los casos - problema alguno de adaptabilidad o rendimiento.

Las jornadas de entrenamiento se realizaron con al menos cuarenta estudiantes conectados simultáneamente, recuperando imágenes desde la base de datos, sin causar saturación en el servidor. Sin embargo, para la prevención de cargas indeseables, las imágenes del catálogo fueron ajustadas mediante la herramienta Gimp para que no midieran más de 300Kb cada una, lo cual evitó congestionar el tráfico en la red de la Universidad.

Los catálogos con que fue dotado el sistema son listados de información sobre plagas y enfermedades, que incluyen imágenes con sus respectivas fuentes bibliográficas. Para acceder a esta información, basta con que los usuarios de Internet se registren (sin costo alguno) en el sitio: <http://www.catolica.edu.sv/decanatos/iya/eduagro>

Se incorporó, además, un módulo para convertir estudiantes en editores de contenido. El objetivo es que, bajo la tutela del administrador general, los jóvenes universitarios puedan colaborar agregando o actualizando información durante el periodo de tiempo que se estime conveniente. Además, el sistema es capaz de guardar la identificación del usuario que generó determinados cambios en la base de datos, proporcionando de este modo, controles de seguridad y auditoría. En este sentido, se reconocen tres niveles de usuario:

1. Visitante común
2. Usuario editor de información
3. Usuario administrador del sistema



Figura 5. Menú principal con opciones de administración versión desktop.

El entrenador visual fue diseñado para tener la funcionalidad de una trivia interactiva. Una vez autenticado en el sistema, el usuario accede a una interfaz en donde decide con cuál cultivo desea entrenarse. A continuación, se le despliega la ventana del Entrenador (ver figura 6), presentándose al azar la fotografía de una enfermedad o plaga con su respectivo listado de opciones. Basta con que el usuario dé clic en una de las posibles soluciones para que le advierta si su opción fue correcta o incorrecta. Si el diagnóstico visual ha sido erróneo, el sistema lo contará como un intento fallido, actualizando automáticamente el puntaje y el detrimento en la barra de progreso de “eficiencia”; además, la imagen no cambia hasta que se haya seleccionado la opción adecuada. Sólo hasta que se acierta, al usuario se le presenta otra imagen aleatoria y se repite el ciclo, actualizando en la base de datos el conteo de intentos y aciertos, con lo cual se aumenta el puntaje general y su nivel de eficacia en la barra de progreso.



Figura 6. Entrenador visual, versión desktop.



Figura 7. Menú principal (versión para dispositivos móviles).



Figura 8. Entrenador visual, versión para dispositivos móviles.

El sistema EduAgro fue sometido a diferentes pruebas con miras a garantizar la seguridad no sólo de sus propios datos, sino de la red institucional completa. Entre ellas se puede mencionar:

1. Pruebas de rendimiento
2. Verificación de compatibilidad con navegadores
3. Simulación de pérdidas de integridad de los datos
4. Pruebas de privilegios de usuario
5. Comprobación de manejo integrado de sesiones
6. Cifrado de contraseñas
7. Pruebas de inyección SQL³

3.2 Evaluación Educativa

Los resultados del test de diagnóstico inicial o “pre-test” fueron muy bajos. El promedio del grupo de 47 estudiantes fue de 26% en respuestas correctas. Es decir, una nota de 2.6 en la escala del cero al diez. La tabla 1 y la figura 9 muestran las frecuencias en que se ubican los porcentajes de estudiantes según su respectivo rango de calificación. Sólo el 5% aprobó el diagnóstico al obtener una nota mayor de 6, pero según una entrevista posterior, eso fue debido a experiencias laborales previas que los participantes habían tenido, y no a un refuerzo académico privilegiado.

Con estos resultados se dejó en claro que, para el momento en que se realizó el estudio, los participantes no tenían la capacidad de identificar plagas y enfermedades en cultivos de solanáceas (Solanaceae). La seriedad de esta situación radica en que, este grupo tenía un dominio deficiente de la temática a pesar de que se encontraban próximos a egresar como ingenieros

3. Esta y otras pruebas de seguridad fueron realizadas con la colaboración del personal del Laboratorio de Tecnología Informática “LTI” de UNICAES. Agradecimientos especiales.

agrónomos. Eso ocasiona que se vean muy limitados a la hora de manejar incidentes propios de la agricultura de El Salvador, en condiciones de campo abierto (no protegida, como en el caso de las casas malla).

Tabla 1. Calificaciones obtenidas por los estudiantes en la prueba de diagnóstico inicial

Calificación	Porcentaje de estudiantes
0 – 10	5%
11 – 20	20%
21 – 30	33%
31 – 40	33%
41 – 50	5%
51 – 60	0%
61 – 70	5%
71 – 80	0%
81 – 90	0%
91 – 100	0%

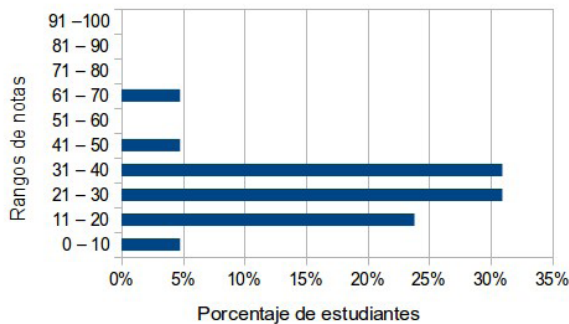


Figura 9. Calificaciones obtenidas por los estudiantes en la prueba de diagnóstico inicial.

Si bien los resultados del pre-test no fueron dados a conocer en forma inmediata a los participantes, éstos se percataron de sus carencias respecto a la temática e hicieron conciencia al respecto, manifestando expresamente la necesidad de profundizar en sus estudios.

A continuación, los jóvenes universitarios fueron inducidos al uso del software educativo EduAgro. El aprendizaje sobre esta herramienta fue inmediato, ya que están muy acostumbrados a utilizar interfaces web. Al principio, utilizaron la versión de escritorio para poder revisar los catálogos de plagas y enfermedades, a manera de guía de estudio. Cuando comenzaron a usar el entrenador visual, consultaban frecuentemente dicho recurso. Conforme más entrenaban, menos necesitaban corroborar sus respuestas, hasta el punto que los catálogos cayeron en desuso. En este momento, los participantes se percataron de la cantidad de puntos que estaban acumulando por sus respuestas correctas y se generó una fuerte competencia por aparecer en el “top 10” o listado de los 10 usuarios que tenían puntajes más elevados (dato que podía ser consultado en cualquier momento a través del sitio web).

Es importante recalcar, que como efecto de los fenómenos sociales actuales, los participantes estaban obsesionados con el uso de teléfonos inteligentes para acceder a redes sociales y juegos en línea. Por tal razón, en poco tiempo, el entrenador de EduAgro fue entendido como un juego virtual, al cual se conectaban en sus tiempos libres para acumular puntaje. Algunos inclusive, manifestaron una ligera molestia cuando eran desplazados del top 10, dado el empeño de otros, por lo cual intentaban recuperar el estatus perdido. Tal como fue previsto, la versión móvil de EduAgro fue predilecta en comparación a la versión de escritorio. Al final del presente estudio, el promedio de puntos obtenidos fue 999.8.

Las frecuencias de los puntajes se muestran en la tabla 2 y figura 10.

Tabla 2. Puntaje obtenido por los estudiantes en el entrenador visual

Puntaje	Porcentaje de usuarios
1-500	4%
501-1000	24%
1001-1500	15%
1501-2000	7%
2001-2500	22%
2501-3000	7%
3001-3500	9%
3501-4000	7%
4001-4500	4%
4501-5000	2%

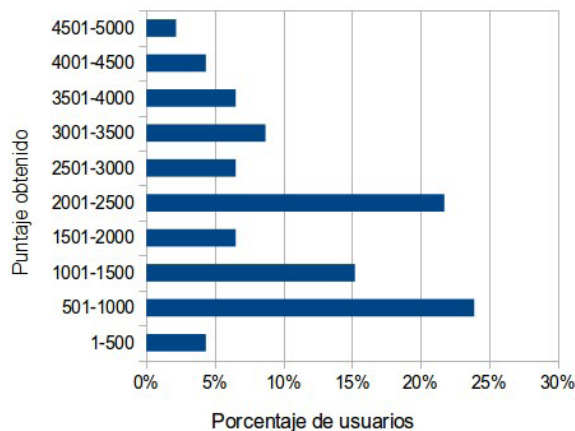


Figura 10. Puntaje obtenido por los estudiantes en el entrenador visual.

Los resultados del pos-test se muestran en forma de frecuencias en la tabla 3 y figura 11. El promedio final fue de 76.9% (7.7 en la escala del cero al diez). Luego de haber completado dicho instrumento, la mayoría de estudiantes manifes-

taron su satisfacción por haber aprobado, a cambio de haber invertido tan sólo algunas horas de entrenamiento con EduAgro.

Los resultados sugieren que el entrenador favorece el aprendizaje basado en competencias, en función de sus tres dimensiones:

1. Cognoscitiva: Los estudiantes eran capaces de describir claramente los nombres y características de las enfermedades y plagas que habían sido incluidas en EduAgro, pese a que los catálogos no detallaban dicha información en forma explícita, sino que era lo que habían aprendido mediante la observación repetitiva de fotografías.

2. Procedimental: A través de la observación simple de enfermedades y plagas de plantas, los participantes podían reconocer sus características y emitir un diagnóstico con un 76.9% de efectividad.

3. Actitudinal: Fue notable el nivel de confianza que los participantes desarrollaron con respecto a la temática, fruto del aprendizaje obtenido. Además, se mostraron motivados a profundizar en la temática y a efectuar diagnósticos agronómicos en los cultivos que les son más afines.

Tabla 3. Calificación obtenida en la prueba de diagnóstico de salida “pos-test”

Calificación	Porcentaje estudiantes
0 – 10	0%
11 – 20	0%
21 – 30	0%
31 – 40	0%
41 – 50	4%

Calificación	Porcentaje estudiantes
51 – 60	11%
61 – 70	9%
71 – 80	36%
81 – 90	38%
91 –100	2%

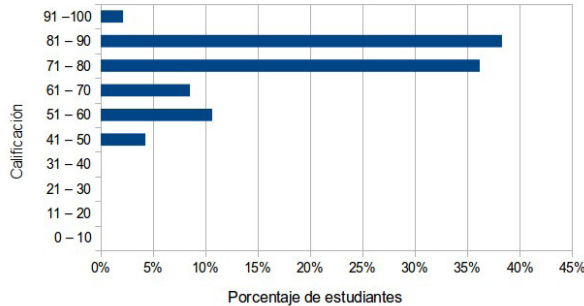


Figura 11. Calificación obtenida en la prueba de diagnóstico de salida “pos-test”.

Al realizar el cruce de variables: “calificación obtenida en el pos-test” y “promedio de puntos logrados en EduAgro” (ver tabla 4 y figura 12), se observó que existe una relación proporcional entre el uso del entrenador visual y la nota obtenida en el diagnóstico final. Los participantes que obtuvieron una nota aproximada de 5.0 son los que habían acumulado alrededor de cuatrocientos puntos en el entrenador. Luego, dicha relación tendió al alza, siendo que las notas de 6 a 7.5 habían sido obtenidas por quienes obtuvieron entre mil y dos mil puntos. Aquellos que recibieron calificaciones entre 8 a 9.5, obtuvieron en su mayoría, más de dos mil puntos. La pequeña porción de participantes que obtuvieron notas arriba de 9.5, son quienes acumularon más de dos mil quinientos puntos.

Tabla 4. Relación de la calificación del pos-test con el puntaje obtenido en el entrenador visual

Calificación	Promedio de puntos
0 – 10	0
11 – 20	0
21 – 30	0
31 – 40	0
41 – 50	341
51 – 60	1351
61 – 70	1464
71 – 80	2549
81 – 90	1794
91 –100	3654

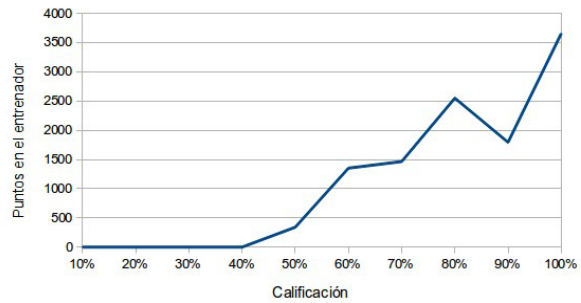


Figura 12. Relación de la calificación del pos-test con el puntaje obtenido en el entrenador visual.

3.3 Análisis de distribución normal de los datos

La tabla 5 recopila los promedios de las puntuaciones obtenidas en las tres diferentes pruebas realizadas, con sus respectivas desviaciones estándar. El rendimiento del grupo se incrementó en un 258% luego de haber usado el entrenador visual de EduAgro, en el cual se

alcanzó un promedio de 1815 puntos (en una escala que parte desde cero hasta un valor acumulativo ilimitado).

La desviación estándar de los resultados del entrenador fue grande ya que los puntajes obtenidos por los estudiantes fueron bastante diversos. Similar fue el caso del pre test, debido a la disparidad de conocimientos previos entre los participantes. Sin embargo, el promedio global del post test fue muy superior y su desviación estándar es pequeña comparada con la obtenida en el diagnóstico inicial, lo cual significa que los estudiantes alcanzaron un nivel de conocimientos más o menos homogéneo.

Tabla 5. Promedios y desviaciones estándar de notas en las pruebas

Prueba	Promedio	Desviación estándar
Pre test (escala de cero a 100)	29.8	13.4
Puntaje acumulado en el entrenador de EduAgro	1815	1135
Post test (escala de cero a 100)	76.9	11.7

Las figuras 13, 14 y 15 modelan la curva de probabilidad, según los cálculos de distribución normal para los datos para cada una de las pruebas realizadas. Nótese que en el Pre test, casi todas las notas estuvieron debajo de 40 (en

la escala del cero al 100), mientras que en el Post test, todas ellas estuvieron arriba de ese mismo valor, lo cual comprueba la mejoría de los estudiantes por el uso del entrenador de EduAgro.

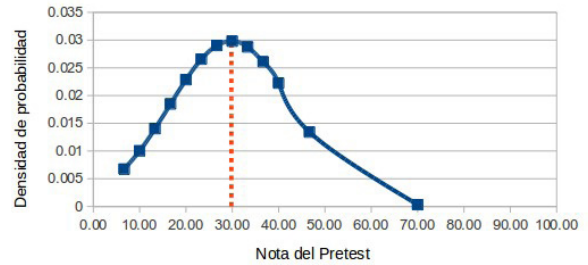


Figura 13. Distribución de Gauss de las notas del grupo en el Pre test.

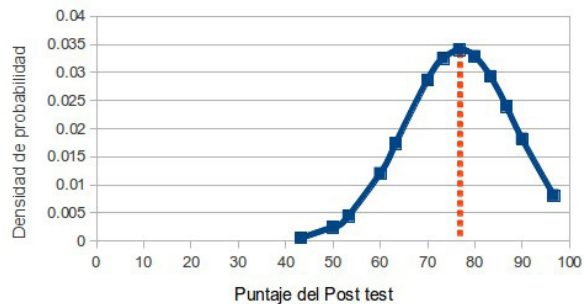


Figura 14. Distribución de Gauss de las notas del grupo en el Post test.

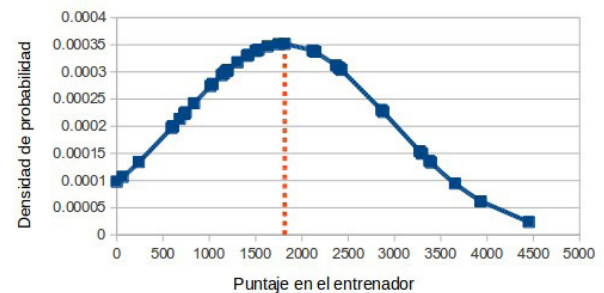


Figura 15. Distribución de Gauss del puntaje obtenido en el entrenador visual de EduAgro.

3.4 Análisis de regresión y correlación de datos

Al cruzar los resultados del post test, con los puntajes acumulados en el entrenador visual de EduAgro (ver figura 16), puede notarse una progresión logarítmica que comprueba la relación: «a mayor puntaje obtenido en el entrenador visual, mayor fue la nota en el post test».

La ecuación de regresión es la siguiente:

$$f(x) = 12.8812 \ln(x) - 16.3877$$

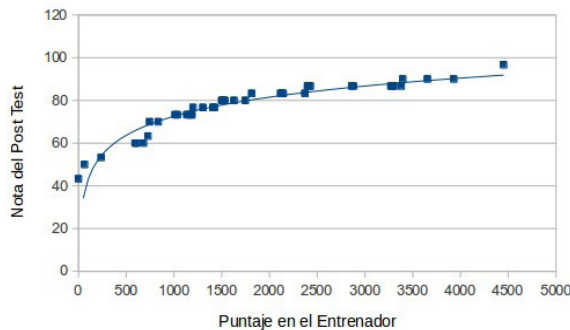


Figura 16. Regresión logarítmica de las notas del post test vs. el puntaje en el entrenador visual de EduAgro.

Para demostrar una relación matemáticamente aceptable entre los resultados del post test y los puntajes del entrenador visual, se realizaron tres pruebas de correlación (ver figura 17). La primera, el coeficiente de correlación de Pearson, determinó un valor de 0.89, lo cual indica una relación fuerte (en la escala de -1 a 1). La segunda, el coeficiente de determinación “R cuadrado”, retornó 0.9; al igual que la anterior, indica una relación fuerte. Finalmen-

te, la prueba de Chi cuadrada retornó el valor de cero punto cero, lo cual comprueba que las frecuencias observadas y esperadas concuerdan exactamente. Por lo tanto, puede afirmarse con certeza que los estudiantes que más usaron el entrenador visual de EduAgro, son los que mejores notas obtuvieron en la prueba de diagnóstico final.

Prueba de correlación	Valor
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: r_{xy}	0.89
COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN: R^2	0.90
PRUEBA CHI CUADRADA: X^2	0.00

Figura 17. Resultados del análisis de correlación.

3.5 Aporte a las ciencias Agronómicas

EduAgro motivó a los estudiantes a prestar mayor atención a los sutiles detalles que caracterizan los síntomas de cada enfermedad o de plagas en los cultivos de tomate y chile verde, sobre los cuales se delimitó el presente estudio. El uso del software contribuyó de manera significativa al incremento del interés por la temática de fitopatología, y constituyó un eficaz mecanismo auxiliar para la toma de decisiones de manejo agronómico. Por ejemplo, al inicio del estudio la mayoría de estudiantes no sabía reconocer fitopatologías, pese a que muchas de ellas poseen rasgos únicos, tal como la deficiencia de fósforo, el mal del talluelo (causado por *Pythium sp.*), daño por nematodos, etc. Al fina-

lizar el entrenamiento, los participantes podían distinguir los síntomas de éstas y otras enfermedades, aunque se les presentaran imágenes de diversas fuentes e incluso, distintos cultivos, tal como es el caso del mildiú polvoriento, cuya apariencia es similar entre las solanáceas abordadas en el presente estudio y otros cultivos como las cucurbitáceas (*Cucurbitaceae*).⁴

3.6 Comparación con resultados de otros estudios

Si bien las aplicaciones de software educativo especializado no son muy numerosas, se identificaron cuatro ejemplos concretos que comparten objetivos semejantes a EduAgro como: Critical Infrastructure Simulator⁵ (para el entrenamiento sobre riesgos laborales), Electronic Health Records⁶ (para simular tratamientos médicos), SODAR⁷ (para el estudio de la música) y Bio Tutor 2000⁸ (para la formación en Biología).

En sus respectivos estudios se destacaron características relevantes acerca de los software de entrenamiento para fines educativos:

- Las alternativas Open Source redujeron los costos.
- Fue posible simular casos críticos para su estudio.

- El entrenamiento favoreció las competencias sobre resolución de problemas, aún en escenarios variantes.
- Los estudiantes reforzaron sus conocimientos mediante la toma de decisiones ante problemáticas expuestas de acuerdo a diversos contextos.
- El software de entrenamiento es una opción educativa viable para las universidades que no tienen suficiente dinero para invertir en laboratorios de punta.
- Se incrementó la calidad de la enseñanza y el interés de los estudiantes.
- Se elevó la calidad y productividad de los proyectos de estudio.

4. Discusión

La educación tradicional generalista sobre los cultivos de El Salvador resulta insuficiente para que el estudiante de Ingeniería Agronómica sea capaz de reconocer las diversas problemáticas que típicamente se manifiestan en el campo.

Durante la formación en la carrera es difícil que los estudiantes puedan experimentar - de primera mano - con la totalidad de los cultivos que se practican en el país. También se dificulta hacerlo a una escala lo suficientemente grande como para aprender acerca de todas las enfer-

4. Entre ellas se puede mencionar: Pepino, melón, sandía, pipián o calabacilla, y ayote o calabaza.

5. Stan, M. (2014)

6. Metzger, N. (2014)

7. Brown, A. (2007)

8. Fuentes, L. (2006)

medades, plagas y organismos benéficos con los cuales éstos se relacionan. Por tal razón, EduAgro es una herramienta que complementa en forma eficaz el aprendizaje sobre fitopatología.

Prueba de ello es que el promedio de las pruebas de diagnóstico se incrementó desde un reprobado 2.6 a un alentador 7.7, teniendo como única influencia el entrenamiento con este software en los tiempos libres que los estudiantes tuvieron durante un periodo de dos semanas. Algunos de ellos cambiaron su adicción a los juegos en línea por el afán de ganar puntos en el entrenador visual. En suma, se demostró que el modelo clásico de formación en temáticas de fitopatología, necesita ser complementado con el uso de software educativo especializado. Ésta misma metodología podría ser bien aprovechada en otras asignaturas.

El software educativo es un área multidisciplinaria del conocimiento, que ha sido teorizada en países del primer mundo desde hace décadas. Lamentablemente, son pocos los proyectos que se han desarrollado en cuanto al tema, a pesar de la claridad que manifiestan tener las instituciones de cooperación y de formación académica, en cuanto a la urgencia de nuestros países por alcanzar la excelencia académica. Sin embargo, EduAgro demostró ser una herramienta educativa exitosa, amigable al usuario, y de bajo costo económico e informático. Dado que procura una capacitación rápida y eficaz, convirtiendo a UNICAES en una institución educativa pionera dentro de esta área en El Salvador.

Este estudio subraya la importancia del entrenamiento visual como herramienta de primera línea para el diagnóstico y manejo de incidentes agronómicos en nuestro país, debido – principalmente - al desconocimiento que impera en el medio y la carencia de laboratorios cercanos a todas las comunidades agrícolas, quienes a su vez, experimentan dificultades para entregar respuesta inmediata a emergencias particulares.

En otro sentido, muchos estudiantes de agronomía no están conscientes de su necesidad de profundizar en su formación académica, porque aún se encuentran ajenos a la compleja realidad de la agricultura nacional. EduAgro, por el simple hecho de demostrar pictográficamente cierta diversidad de problemas de la agricultura actual, produce el efecto paralelo de concientizar a quien lo usa acerca de su propio nivel inicial de conocimientos; y lo motiva a continuar aprendiendo para llegar a ser capaz de afrontar debidamente los retos que presenta este rubro.

Eduagro fue producto de la convergencia de tres áreas del conocimiento: primero, el desarrollo de sistemas adaptativos (que es parte de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos); segundo, la implementación de estrategias sobre educación y su respectivas metodologías de evaluación (temas propios de las carreras de Ciencias de la Educación), y en tercer lugar, brindar una herramienta de apoyo al aprendizaje de conocimientos relacionados con

cultivos (que es de utilidad en la carrera de Ingeniería Agronómica). Con esta afirmación, no se pretende promover el “intrusismo profesional”, el cual es anti ético y muchas veces también es ilegal. Por el contrario, el fin último de este proyecto fue poner en relieve la necesidad imperiosa de que los profesionales pongan en marcha proyectos de carácter multidisciplinario, para aportar las riquezas que cada área de la ciencia posee, generando así soluciones innovadoras y de gran provecho.

Quien se dedica al quehacer académico tiene la deuda ante la sociedad de incursionar en otras áreas; no con el fin de sustituir a los especialistas, sino de aportar nuevos elementos que enriquezcan el conocimiento y la tecnología. A manera de ejemplo, es común ver en otros países a “matrimonios” entre ciencias diametralmente opuestas, como la electrónica, la medicina y la informática, que juntas han generado productos que impactan de manera muy positiva a personas que sufren de alguna enfermedad o discapacidad. Así pues, los profesionales de cualquier área deben abandonar la comodidad de aferrarse únicamente a las ciencias puras, y producir soluciones de índole multidisciplinaria para generar aportes que provoquen cambios positivos de verdad.

Ante este panorama se recomienda a la Universidad involucrar a estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica en el incremento de la información disponible en la base de datos de EduAgro, bajo la supervisión de uno

o más docentes, con el fin enriquecer dicha herramienta. También se recomienda seguir apoyando proyectos para el desarrollo de software educativo, con el fin de ser pioneros en el fortalecimiento de la formación académica mediante las nuevas tecnologías.

A su vez, los docentes deben motivar a los estudiantes a participar en el uso y desarrollo de EduAgro, para que este se convierta en una robusta base de datos que impacte de forma positiva no sólo en ellos, sino también a otros usuarios de internet, colaborando a que la Universidad cumpla su rol de educar a la sociedad de una forma innovadora. Asimismo, los estudiantes deben utilizar los servicios de EduAgro para poner a prueba sus conocimientos sobre fitopatología y hacer uso esmerado de los catálogos y el entrenador visual para reforzar sus conocimientos. Como profesionales agrónomos que serán, ellos deben tener presente que, de acuerdo a la realidad del campo, sus competencias serán constantemente puestas a prueba por agricultores empíricos que demandarán una detección eficaz de problemáticas en cultivos, y su respectiva contención mediante estrategias inmediatas.

5. Referencias

- Agrios, G. (2005). *Patología Vegetal*. Publicado por Elsevier Academic Press. ISBN: 978-0120445653.
- Arias, M. (2012). *Metodología dinámica para el desarrollo de software educativo*. Publicado por Virtual Educa Valencia. Recuperado de <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:1296/n05arias02.pdf>
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación*. México, Pearson Education. ISBN: 970-26-0645-4.
- Brown, A. R. (2007). Software development as music education research. *International Journal of Education & the Arts*. Recuperado el 21 de diciembre de 2015 desde: www.ijea.org/v8n6/v8n6.pdf
- Cataldi, Z. (2003). *Una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación de software educativo*. Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires. ISSN: 1695-288X. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4055>
- Couturejuzón, L. (2003). *Cumplimiento de los principios didácticos en la utilización de un software educativo para la educación superior*. Escuela Nacional de Salud Pública, La Habana. ISSN 0864-2141. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v17n1/ems06103.pdf>
- Departamento de Ciencia de Suelos. (2010). *Manejo de suelos en Wisconsin*. Quinta Edición. Publicado por la Universidad de Wisconsin-Madison. Recuperado de <http://www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A3588.pdf>
- Fuentes, L., Villegas, M., & Mendoza, I. (2006). *Software educativo para la enseñanza de la Biología*. Biblioteca Digital Revicyhluz. ISSN 1012-1587. Recuperado de <http://200.74.222.178/index.php/opcion/article/download/6334/6322>
- Glusac, D. (2008). *El rol del material educativo digital en la enseñanza efectiva*. Universidad de Novi Sad (Serbia). Recuperado de <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2008/spain/diweb-miv/diweb-miv13.pdf>
- Heiberg, E. (2010). *Diseño y validación de segmentos mediante software libre para el análisis de imágenes cardiovasculares*. Recuperado de <http://www.biomedcentral.com/1471-2342/10/1>

Hessayon, D. (2006). Manual de Horticultura. Segunda edición. Publicado por Editorial Blume, Barcelona. ISBN: 84-662-1446-1.

Instituto Canadiense de Fosfato y Potasa, (2012). Preparing for the International Certified Crop Advisor. Décimo novena edición. Publicado por Instituto Nacional de Nutrición Vegetal.

Instituto Canadiense de Fosfato y Potasa, (2006). Manual de Fertilidad de Suelos. Publicado por Instituto Nacional de Nutrición Vegetal. ISBN 0-9629598-5-5.

Kendal, K. (2012). Análisis y Diseño de Sistemas. Octava edición. México, Pearson Education. ISBN: 978-607-32-0577-1.

Metzger, N. L., Chesson, M. M., y Momary, K. M. (2014). Simulated Order Verification and Medication Reconciliation during an Introductory Pharmacy Practice Experience. American Journal of Pharmaceutical Education. Recuperado de <http://www.ajpe.org/doi/full/10.5688/ajpe79796>

Murase, H. (1995). Reconocimiento visual y aprendizaje de objetos tridimensionales a partir de su apariencia. Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.1007/BF01421486>

O'Tootle, C. (2006). La gran enciclopedia de los insectos. Publicado por Editorial Libsa, Barcelona. ISBN: 84-8076-310-8

Plant and Soil Sciences eLibrary (2015). Producción de Cosechas y Manejo de Recursos Naturales. Publicado por Universidad de Nebraska-Lincoln, E.E.U.U. Recuperado de <http://passel.unl.edu/pages/index2col.php?category=cropproduction>

Plaza, I. (2009). Propuesta de un modelo para software educativo. Publicado por Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Recuperado de http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5335484&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5335484

Reis, R. (2007). Desarrollo de Software Educativo. Publicado por International Journal Of Education And Information Technologies. Recuperado de <http://www.naun.org/multimedia/NAUN/educationinformation/eit-27.pdf>

Schez, C. (2012). Diseño y desarrollo de software para laboratorios virtuales educativos con técnicas de procesamiento de lenguaje: Lecciones aprendidas en experimentos prácticos. Publicado por Journal of Research and Practice in Information Technology. Recuperado de <http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=224660290474993;res=IELHSS>

Stan, M. (2014). Design a Hardware and Software Solution for Training Operators form Critical Infrastructure. Proceedings in ARSA-Advanced Research in Scientific Areas. Recuperado de <http://www.researchgate.net/publication/286863417>