

Gestherb: diseño de una herramienta digital para el seguimiento de las emergencias de malas hierbas

GestHerb: design of a digital tool for monitoring weed seedlings in fields

Jordi Izquierdo^{1,*}, Toni Oller², Itziar Mensa², Daniel Lopez³, Juan López⁴, Jesus Alcober³ & Clara Prats³

¹ Dept d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, España

² Dept d'Enginyeria Telemàtica, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, España

³ Dept de Física, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, España

⁴ Dept de Arquitectura de Computadores, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, España

(*E-mail: jordi.izquierdo@upc.edu)

<https://doi.org/10.19084/rca.34971>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

Desarrollar sistemas de soporte a la decisión que sirvan de ayuda a los agricultores y técnicos para conseguir una mayor eficacia en la gestión de la flora arvense es uno de los pilares de los programas de gestión integrada de malas hierbas. Una mayor eficacia se consigue aplicando una medida de control cuando la mayoría de plantas ya hayan emergido. Tener una herramienta que advierta de cuál es este momento sería de gran ayuda para el técnico o agricultor. En esta comunicación presentamos una aplicación para móvil y escritorio que predice la emergencia en campo de diversas especies de invierno y verano a partir de datos de precipitación y temperatura diarios recogidos de estaciones meteorológicas o introducidos por el propio usuario. En función de estos datos y para la especie seleccionada, el programa calcula el inicio de las emergencias y elabora la curva de emergencias, indicando el porcentaje existente en el campo respecto al total esperable para el año. Cuando se alcanza el 90% o un valor fijado por el usuario el sistema genera un aviso que permite una rápida actuación. Para los cálculos se aplica un modelo hidrotérmico que tiene en cuenta la temperatura del aire y el contenido de agua del suelo, el cual se estima diariamente a partir de un balance hídrico en función de la precipitación, evapotranspiración y capacidad de almacenamiento de agua del suelo de acuerdo con su textura. El patrón de emergencia se ajusta a un modelo de Gompertz.

Palabras clave: control, malas hierbas, toma de decisiones, App, WebApp.

ABSTRACT

Developing decision support systems to help farmers and technicians achieve greater efficiency in weed management is one of the pillars of integrated weed management programs. Greater efficiency is achieved by applying a control measure when most seedlings have already emerged. Having a tool that indicates when this moment is would be of great help to the technician or farmer. In this paper we present an application for mobile and desktop that predicts the field emergence of various winter and summer species based on daily precipitation and temperature data collected from weather stations. Based on these data the program calculates for the selected species the onset of emergencies and elaborates the curve of emergencies, indicating the percentage of seedlings with respect to the expected total for the year. When 90% or a given value set by the user is reached, the system generates a warning for quick action. For the calculations, a hydrothermal model that considers air temperature and water content of the soil is applied. Soil moisture is estimated daily from a water balance based on precipitation, evapotranspiration and water storage capacity of the soil according to its texture. The emergence pattern is fitted with a Gompertz model.

Keywords: weed control, decision-making process, App, WebApp

INTRODUCCIÓN

La gestión de las malas hierbas es crucial para evitar importantes pérdidas de rendimiento en los cultivos extensivos. La mayor eficacia se consigue tratando la mala hierba cuando se halla en estado de plántula, ya que es este estadio de desarrollo el más sensible a las medidas de control (Ghersa *et al.*, 2000). El inicio y la velocidad de germinación de las semillas no latentes del suelo depende de la temperatura y de la humedad de éste (grados hidrotérmicos). Cuando estas variables no son limitantes, van acumulando grados diariamente y al alcanzar un determinado valor umbral, característico para cada especie, se desencadena el proceso de la germinación (Bradford, 2002). La consiguiente aparición de las plántulas en el campo sigue una cinética sigmoïdal (Brown & Mayer, 1988) que se puede ajustar de forma empírica a un modelo de regresión no-lineal basado en funciones sigmoïdales del tipo Gompertz, Weibull o logístico, las cuales relacionan las emergencias acumuladas con el tiempo (Forcella *et al.*, 2000; Grundy, 2003; Finch-Savage, 2004). Estos modelos proporcionan buenas predicciones de la emergencia a escala local e incluso regional (Forcella, 1998; Masin *et al.*, 2014).

Nuestro grupo de investigación ha desarrollado y validado modelos de emergencia de diferentes especies de verano e invierno a partir de observaciones en diferentes cultivos extensivos y épocas del año (Izquierdo *et al.*, 2009, 2013; Leon *et al.*, 2015). Estos modelos indican cuándo empiezan a aparecer las hierbas y el porcentaje que ha emergido en una fecha determinada, a partir de datos meteorológicos diarios de temperatura, precipitación y evapotranspiración y de la textura del suelo. Ahora se trata de poner esta información a disposición de los agricultores y técnicos creando una herramienta digital para su uso en móvil y equipo de escritorio.

El proyecto GestHerb tiene este objetivo, es decir, crear un sistema de ayuda a la toma de decisiones para el agricultor o técnico para la gestión de las malas hierbas de los campos. El sistema creado se llama GreenGuard y consiste en una herramienta digital que adquiere datos diarios de precipitación, temperatura y evapotranspiración de estaciones meteorológicas, los procesa para estimar si el suelo está húmedo (la semilla acumula grados hidrotérmicos) o seco (la semilla no acumula) y determina

el porcentaje de plantas emergidas de la especie seleccionada. La aplicación también envía un aviso al usuario alertando cuando este porcentaje llega al 90% u otro valor configurado por él.

MATERIALES Y MÉTODOS

La arquitectura de Greenguard

La arquitectura que se ha diseñado para Greenguard está formada por cinco módulos principales (Figura 1).

- Planificador de tareas: Es un sistema que permite automatizar la ejecución de tareas repetitivas en momentos específicos. Las tareas o procesos recurrentes asociados a momentos específicos son la recopilación de datos meteorológicos de las estaciones meteorológicas más cercanas a las fincas y el cálculo de grados hidrotérmicos asociados a las fincas y las malas hierbas indicadas.
- Agregador de datos y APIs: Este componente recopila información de los diferentes sistemas externos definidos (Aemet, Meteocat) y ofrece servicios que serán consumidos por las aplicaciones.
- Base de datos: permite almacenar información relacionada con las fincas, malas hierbas, datos meteorológicos y datos asociados. Esta información quedará en la base de datos documental sobre la que se pueden aplicar mecanismos de aprendizaje automático y mejorar el algoritmo de toma de decisiones.

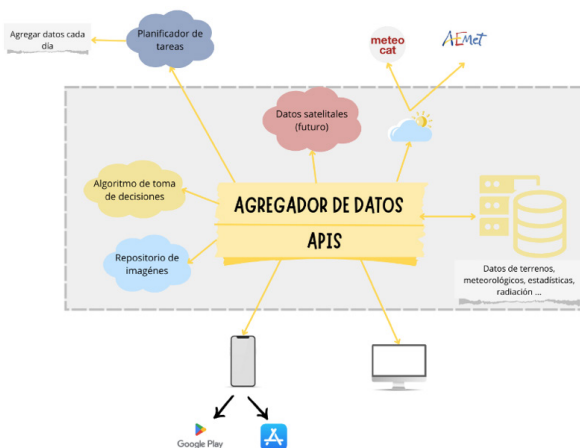


Figura 1 - Arquitectura de GreenGuard.

- Aplicaciones: Se construyen aplicaciones para diferentes plataformas. Para la plataforma Web se desarrolla una aplicación de escritorio que puede ejecutarse en computadoras utilizando un navegador web. Adicionalmente se construye una aplicación móvil tanto para la plataforma iOS como Android. Estas aplicaciones, estarán disponibles en los mercados oficiales de esas plataformas.
- Sistema de toma de decisiones: El elemento clave de la gestión integral de malas hierbas es un algoritmo especializado en el cálculo de grados hidrotermales (<https://www-greenguard.aaaida.com/algorithm>). Este sistema, es la base para tomar decisiones eficaces en el manejo de malas hierbas en sus cultivos.

La validación de Greenguard

Las características que debe tener una buena aplicación es que la interfaz de usuario esté bien diseñada, es decir, sea intuitiva y atractiva, que el tiempo de carga sea rápido, que sea segura, es decir, tenga una protección sólida de los datos, que tenga un buen soporte al usuario por medio de una buena ayuda y, en este caso concreto, tenga una buena conectividad con las redes de estaciones meteorológicas del país. Estas características se están verificando haciendo un seguimiento en cuatro campos

de cereal de Catalunya de las malas hierbas de invierno presentes en la aplicación (*Lolium rigidum* Gaudin, *Avena sterilis* L., *Bromus diandrus* Roth. y *Papaver rhoeas* L.). En primavera se completará la verificación haciendo el seguimiento en campos de maíz de malas hierbas estivales (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Poa annua* L. y *Portulaca oleracea* L.). La aplicación permite la incorporación de más especies a medida que se tengan sus parámetros ecológicos (temperatura base, umbral de grados hidrotermales, etc.).

La validación técnica de los resultados, es decir, la utilidad del uso de grados hidrotermales en la germinación así como la comprobación del ajuste sigmoidal de las emergencias de las malas hierbas, ya ha sido realizada en estudios previos y por otros investigadores tal como hemos indicado en la Introducción. La estimación de si el suelo está húmedo o seco se basa en un balance hídrico diario a partir de la precipitación, evapotranspiración y capacidad de almacenamiento de agua del suelo según su textura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación GreenGuard (Figura 2a) actúa en tres pasos: una entrada de datos inicial por parte del

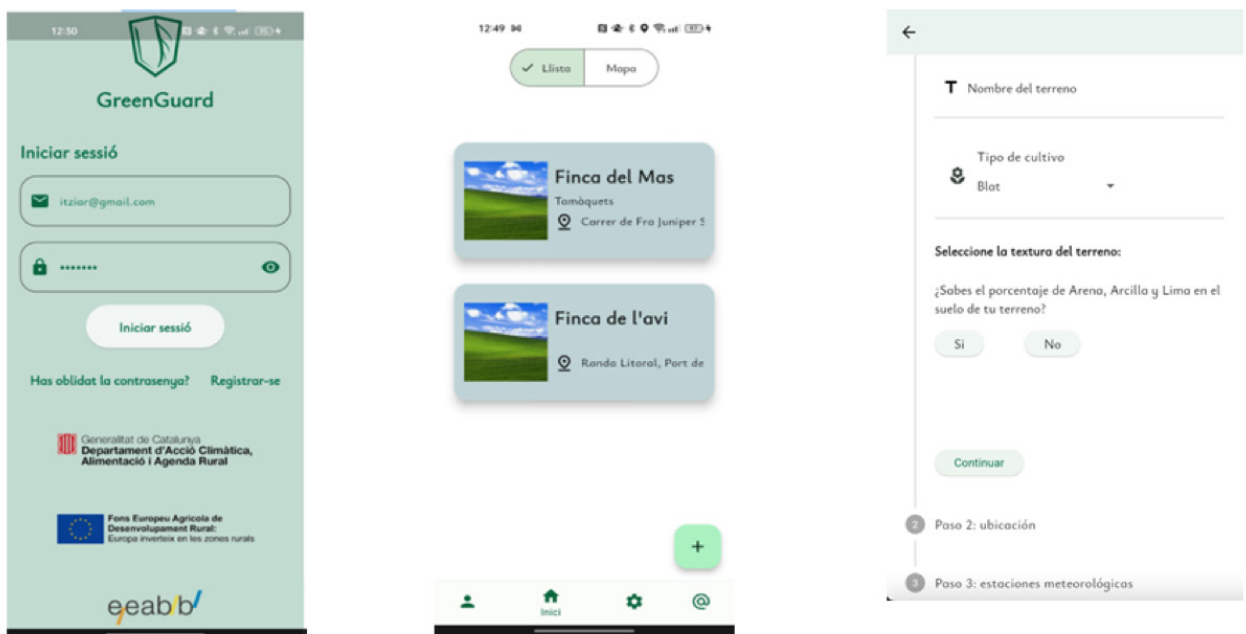


Figura 2 - a: Pantalla principal; b: Ejemplo de listado de fincas; c: Creación de una finca.

usuario, un procesamiento de los datos entrados y de los adquiridos de las estaciones meteorológicas y una salida de información. Tras la pantalla inicial de inicio de sesión (Figura 2a), aparecen los campos activos (si los hay) (Figura 2b) y posteriormente se pasa a la entrada de datos inicial de los campos nuevos a seguir. Esta entrada de datos es un proceso también de tres pasos. El primer paso consiste en introducir información sobre el cultivo como fecha de siembra o laboreo, características del suelo o mala hierba a seguir. En el segundo paso se utilizan los sensores del dispositivo para posicionar geográficamente la finca (si nos hallamos en ella) o bien se ajusta su posición manualmente sobre un mapa. En el tercer paso se asocian las estaciones meteorológicas más cercanas a la ubicación

del terreno. Una vez realizados estos tres pasos, se procesan los datos entrados, es decir, la aplicación provisiona las tareas automatizadas para procesar todos los datos asociados a la finca (meteorológicos, del campo, etc.), actuando el algoritmo de cálculo. Finalmente, tiene lugar la salida de la información, que consiste en mostrar el porcentaje de plantas emergidas en el momento actual (Figura 3a), la evolución prevista de las emergencias en función de los grados hidrotérmicos acumulados (Figura 3b) y la evolución prevista de emergencias desde la fecha de siembra (Figura 3c). Adicionalmente, la aplicación puede generar notificaciones a los usuarios si se supera un determinado umbral de emergencias predefinido por el usuario.



Figura 3 - a: Porcentaje de plantas emergidas en el momento actual; b: Evolución prevista de emergencias en función de los grados hidrotérmicos acumulados; c: Evolución prevista de emergencias desde la fecha de siembra.

Una de las principales características de la aplicación es la capacidad de almacenar grandes volúmenes de datos de manera que se tienen patrones y tendencias y se permite a los algoritmos un aprendizaje automático que mejora en el rendimiento del modelo de forma continua, incrementando su eficacia.

CONCLUSIONES

Greenguard es una aplicación que ha sido diseñada como una herramienta integral para tomar decisiones en el trabajo agrícola. Permite a los agricultores ver una lista de sus terrenos y su ubicación en un mapa interactivo y saber en qué momento del

periodo de emergencia de la especie nos hallamos, con el fin de determinar con mayor fundamento el momento idóneo de aplicar la media de control de la hierba, ya sea un herbicida o un laboreo. La aplicación se halla actualmente en fase de evaluación en diversos entornos para comprobar su flexibilidad y facilidad de uso.

AGRADECIMIENTOS

Esta actividad ha sido financiada a través de la operación 01.02.01 de Transferencia Tecnológica del Programa de Desarrollo rural de Catalunya 2014-2022: Ayudas a las actividades de demostración. Generalitat de Catalunya.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bradford, K.J. (2002) - Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, vol. 50, n. 2, p. 248–260. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0248:AOHTTQ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0248:AOHTTQ]2.0.CO;2)
- Brown, R.F. & Mayer, D.G. (1988) - Representing Cumulative Germination. 2. The Use of the Weibull and Other Empirically Derived Curves. *Annals of Botany*, vol. 61, n. 2, p. 127–138. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087535>
- Finch-Savage, W.E. (2004) - The use of population-based threshold models to describe and predict the effects of the seedbed environment on germination and seedling emergence of crops. In: Benech-Arnold, R. and Sánchez, R.A. (Eds.) - *Handbook of Seed Physiology, Applications to Agriculture*. New York, Food Products Press, p. 51–95.
- Forcella, F. (1998) - Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. *Seed Science Research*, vol. 8, n. 2, p. 201–209. <https://doi.org/10.1017/S0960258500004116>
- Forcella, F.; Benech-Arnold, R.L.; Sánchez, R. & Ghersa, C.M. (2000) - Modeling seedling emergence. *Field Crop Research*, vol. 67, n. 2, p. 123–139. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00088-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00088-5)
- Ghersa, C.M.; Benech-Arnold, R.L.; Sattore, E.H. & Martínez-Ghersa, M.A. (2000) - Advances in weed management strategies. *Field Crops Research*, vol. 67, n. 2, p. 95–104. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00086-1)
- Grundy, A.C. (2003) - Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Research*, vol. 43, n. 1, p. 1–11. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00317.x>
- Izquierdo, J.; González-Andújar, J.L.; Bastida, F.; Lezaún, J.A. & Sánchez del Arco, M.J. (2009) - A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver rhoeas*) emergence in cereal fields. *Weed Science*, vol. 57, n. 6, p. 660–664. <https://doi.org/10.1614/WS-09-043.1>
- Izquierdo, J.; González-Andújar, J.L.; Bastida, F.; Lezaún, J.A. & Sánchez del Arco, M.J. (2013) - Development and evaluation of a model for predicting *Lolium rigidum* emergence in winter cereal crops in the Mediterranean area. *Weed Research*, vol. 53, n. 4, p. 269–278. <https://doi.org/10.1111/wre.12023>
- Leon, R.G.; Izquierdo, J. & González-Andújar, J.L. (2015) - Characterization and modeling of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) biphasic seedling emergence patterns in the tropics. *Weed Science*, vol. 63, n. 3, p. 623–630. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00172.1>
- Masin, R.; Loddo, D.; Gasparini, V.; Otto, S. & Zanin, G. (2014) - Evaluation of weed emergence model AlertInf for maize and soybean. *Weed Science*, vol. 62, n. 2, p. 360–369. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00112.1>