

MAKARA: UNA HERRAMIENTA PARA PROMOVER BUENAS PRÁCTICAS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE ALGODÓN EN LA REGIÓN DE MAHARASHTRA, INDIA

Mario Alberto Ponce Pacheco^{1*}; Soham Adla¹; Saket Pande¹; Ramesh Guntha²; Aiswarya Aravindakshan²; Maya Presannakumar²; Ashray Tyagi³; Anukool Nagi³; Prashant Pastore³

¹Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Países Bajos

²Amrita Vishwa Vidyapeetham Amrita Center for Wireless Networks and Applications, India

³Solidaridad Network Asia Limited, India

mappacheco24@gmail.com - +31 6 13896357 (*Autor de correspondencia)

Resumen

Mejorar la conciencia del riesgo climático para los rendimientos y los ingresos es fundamental para la intensificación agrícola sostenible. Sin embargo, la adopción de una nueva tecnología representa un cierto nivel de riesgo para los agricultores, que invierten tiempo y recursos económicos en cambiar sus prácticas. Hemos desarrollado una aplicación (app), actualmente para el algodón, que permitiría a los agricultores actualizar el riesgo de cultivar algodón. La aplicación no solo procesa la información social y agrícola proporcionada por el usuario, sino que también recupera y actualiza continuamente conjuntos de datos climáticos de la web, así como los precios del mercado. Siguiendo una metodología ágil, la aplicación móvil se ha probado con unos 100 agricultores en la región de Maharashtra, India, para obtener retroalimentación de usuarios reales. Esto resultó ser beneficioso para los agricultores con bajo conocimiento previo y una mayor aceptabilidad de la aplicación por parte de los usuarios, como se evidenció a través de rondas de comentarios con ellos. Este estudio ejemplifica un enfoque para abordar la brecha en la comunicación de riesgos en la agricultura utilizando una aplicación móvil fácil de usar.

Palabras claves: Irrigación, Adopción de tecnologías , Comunicación de riesgos, Desarrollo de Software

Introducción

La eficacia de las prácticas agrícolas puede aumentar potencialmente con la integración de tecnologías como los teléfonos móviles (Xu et al., 2023). Existe una alta difusión de teléfonos inteligentes en el mundo: un tercio de la población mundial posee un teléfono inteligente, más de la mitad de la población mundial está conectada a Internet y las suscripciones móviles alcanzaron alrededor de 7.76 mil millones en 2017 (Kumar & Karthikeyan, 2019).

Los riesgos agrícolas pueden surgir de diversas fuentes, como los precios cambiantes (de insumos y productos), las políticas agrícolas y ambientales, las tendencias globales en el consumo, los mercados globales y las variables climáticas y biológicas (Bencová & Boháčiková, 2021). Una mejor comprensión del riesgo y de la gestión del riesgo puede ayudar no solo a los agricultores a tomar mejores decisiones agrícolas, sino también a los responsables de las políticas a evaluar diferentes herramientas de protección contra los riesgos (Harwood et al., 1999). Por lo tanto, el progreso de la tecnología móvil en la agricultura necesita aplicaciones fáciles de usar que comuniquen avisos de calidad, confiables y oportunos (Kumar & Karthikeyan, 2019; Mittal & Tripathi, 2009), al tiempo que incorporan los riesgos correspondientes.

Este estudio describe el desarrollo de la aplicación Makara, destinada a comunicar los riesgos agrícolas y las estrategias de mitigación de riesgos, que se ha probado con productores de algodón en una región propensa a la sequía de Maharashtra (India).

Materiales y Métodos

Descripción general del sistema

La Figura 1 muestra el diagrama de secuencia de la ejecución de la aplicación. El desarrollo fue realizado siguiendo un enfoque de desarrollo basado en APIs, donde se trabajó paralelamente en el desarrollo del Front-End (FE) y el Back-End (BE), así como una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) para su correcta comunicación. Así mismo se implementaron dos diferentes servidores para separar la información de los usuarios de los parámetros del modelo e información climática. El servidor FE procesa y almacena la información del productor en su base de datos, protegiendo la privacidad del usuario; por otra parte, el servidor BE consulta información de diferentes fuentes de la web y ejecuta el modelo.

Para solicitar la ejecución del modelo en el BE desde su dispositivo móvil, los usuarios se comunican directamente con el servidor FE, en el que se preprocesan y empaquetan los datos necesarios para la ejecución del modelo. De esta forma, la información se envía en formato JSON a través de una solicitud POST al servidor BE. Se define una URL específica en un entorno Representational State Transfer (REST) para realizar la ejecución del modelo. Una vez desempaquetada esta información, se utiliza para vincular los parámetros y las series

temporales en la base de datos del BE, eligiendo la información georreferenciada más cercana a la ubicación de la finca. La información socioeconómica del agricultor se analiza junto con los parámetros recuperados y las series temporales ingresadas en el modelo híbrido (compuesto por un modelo Socio-Hidrológico calibrado y un modelo Kernel Principal Component Analysis). Finalmente, el pronóstico probabilístico se envía al servidor FE, que lo almacena en la base de datos FE y lo muestra de forma gráfica y audible al usuario.

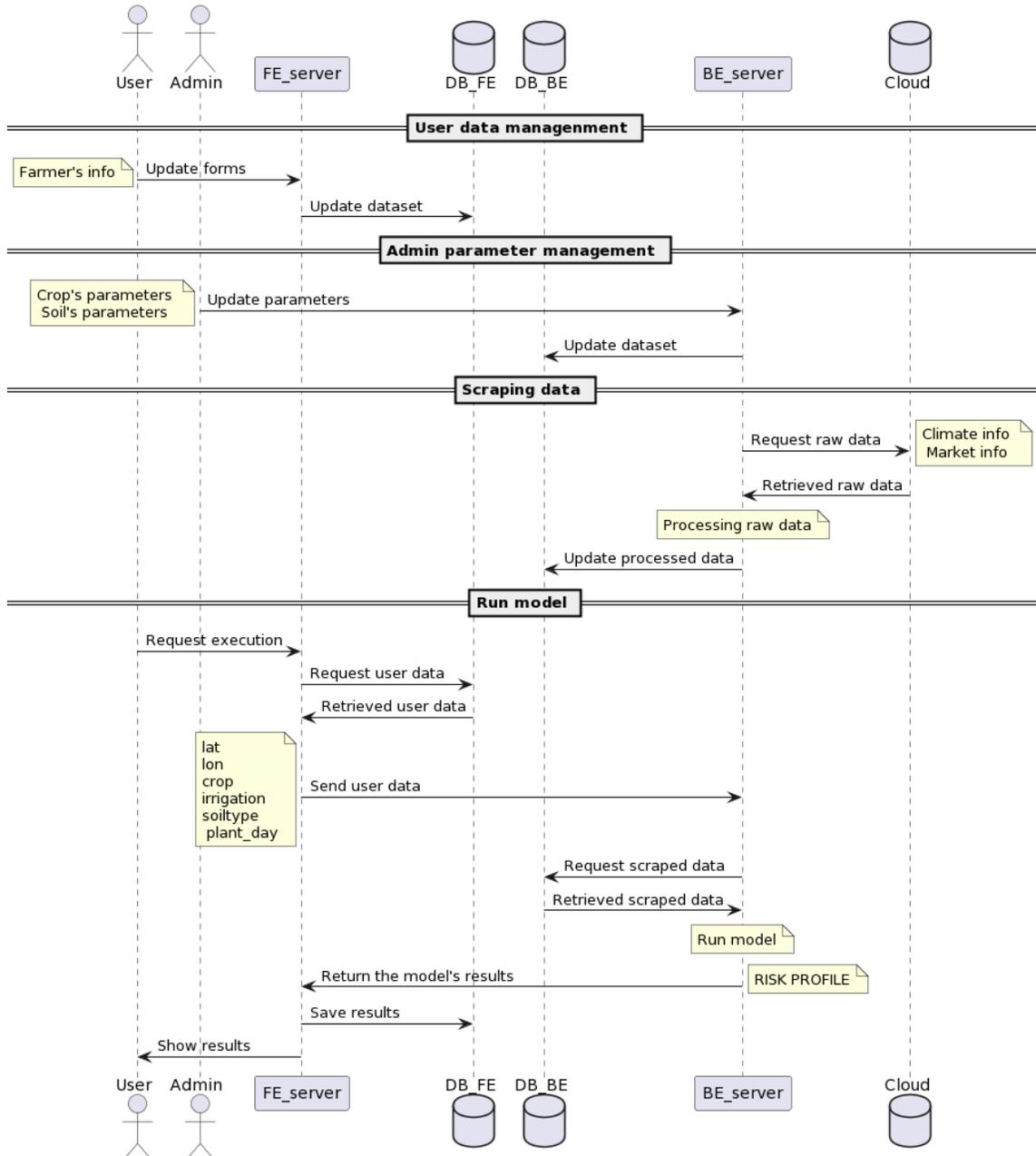


Figura 1. Diagrama de secuencia usado para el desarrollo de Makara app.

Datos climatológicos

El modelo usa extractos históricos de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) Langley Research Center (LaRC) Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) (National Aeronautics and Space Administration, n.d.). Se utiliza directamente series de tiempo de precipitación y temperatura, y procesa evapotranspiración potencial a través de la radiación de onda corta en la parte superior de la atmósfera (Jiménez-Jiménez et al., 2021) usando la ecuación calibrada de Hargreaves and Samani (Hargreaves & Samani, 1985; Shahidian et al., 2012). La resolución temporal de las series de tiempo es diaria, mientras que la resolución espacial es $0.5^\circ \times 0.5^\circ$. Esta información es constantemente actualizada mediante una ejecución automática en el servidor BE.

Datos edafológicos

El modelo usa como parámetros propiedades del suelo como: profundidad, Punto de Marchitamiento Permanente, Capacidad de Campo, porosidad, coeficiente de saturación, agua fácilmente evaporable y agua evaporable total. Dicha información es extraída y procesada del Indian Soil Dataset proporcionado por el National Information System for Climate and Environment Studies (NICES) (Soil and Land Resources Assessment Division, Indian Space Research Organisation, 2016), con una resolución de $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$.

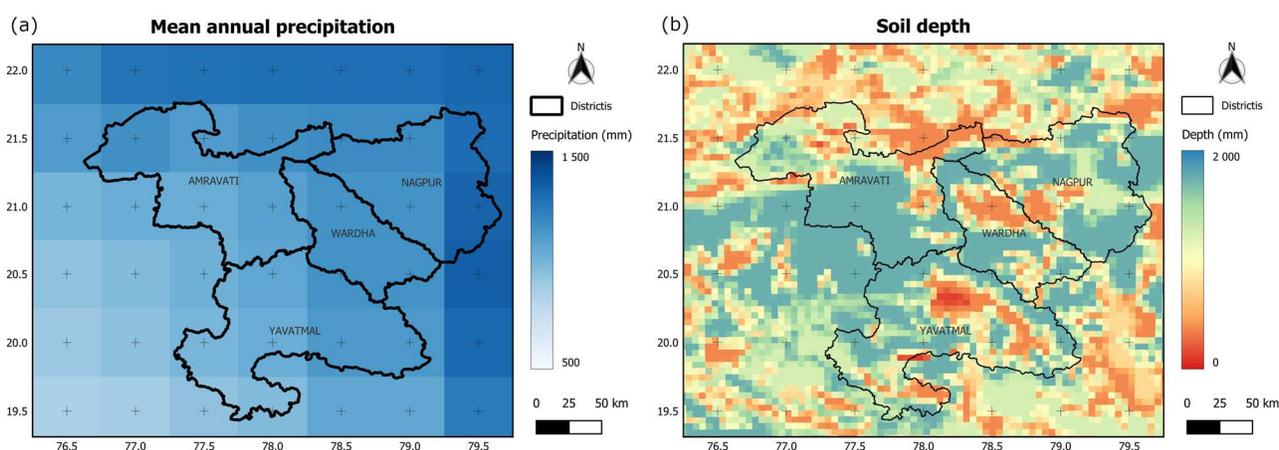


Figura 2. Resolución espacial de (a) precipitación anual (mm/año) y (b) profundidad del suelo (mm).

Datos proporcionados por el usuario

Los usuarios pueden especificar datos detallados sobre las respectivas características de su parcela. Los detalles de la parcela incluyen la ubicación y la superficie del cultivo. A pesar de que la información del suelo es obtenida a partir de la base de datos proporcionada por NICES, el usuario puede proporcionar sus propios valores de entre dos categorías de textura prominentes en la región, “suelo negro” o “suelo rojo”, asignados a texturas de arcilla y arcilla arenosa, respectivamente (Bhattacharyya et al., 2008). Además, se les solicita opcionalmente que agreguen detalles de sus parámetros de salud del suelo, incluidos los nutrientes principales y secundarios. Los usuarios pueden registrar sus fuentes de agua de riego (entre opciones que incluyen pozos, canales, tuberías, etc.) y tecnologías (incluidas inundación, goteo y aspersión). A continuación, se les solicita que agreguen opciones y características de

cultivo. Finalmente, para inicializar el modelo, los usuarios también pueden ingresar datos sociodemográficos como ganado, miembros de la familia, capital, préstamos y tasas de interés.

Asignación de datos

Debido a la resolución del conjunto de datos de suelo (5 km × 5 km) y la serie temporal climática (0,5° × 0,5°), se necesita una estrategia para asignar datos a un punto geográfico definido por las coordenadas de una explotación agrícola. Se sigue un enfoque simple de elegir una cuadrícula de suelo y clima que esté más cerca de la ubicación de la explotación agrícola. Esto también permite extraer los precios de los cultivos en función de las ubicaciones de los mercados cercanos. Cada vez que un usuario solicita una ejecución del modelo, el servidor BE encuentra las instancias más cercanas del conjunto de datos y verifica si ya existe una instancia Land con estas características. La figura 3 muestra cómo el sistema maneja la información.

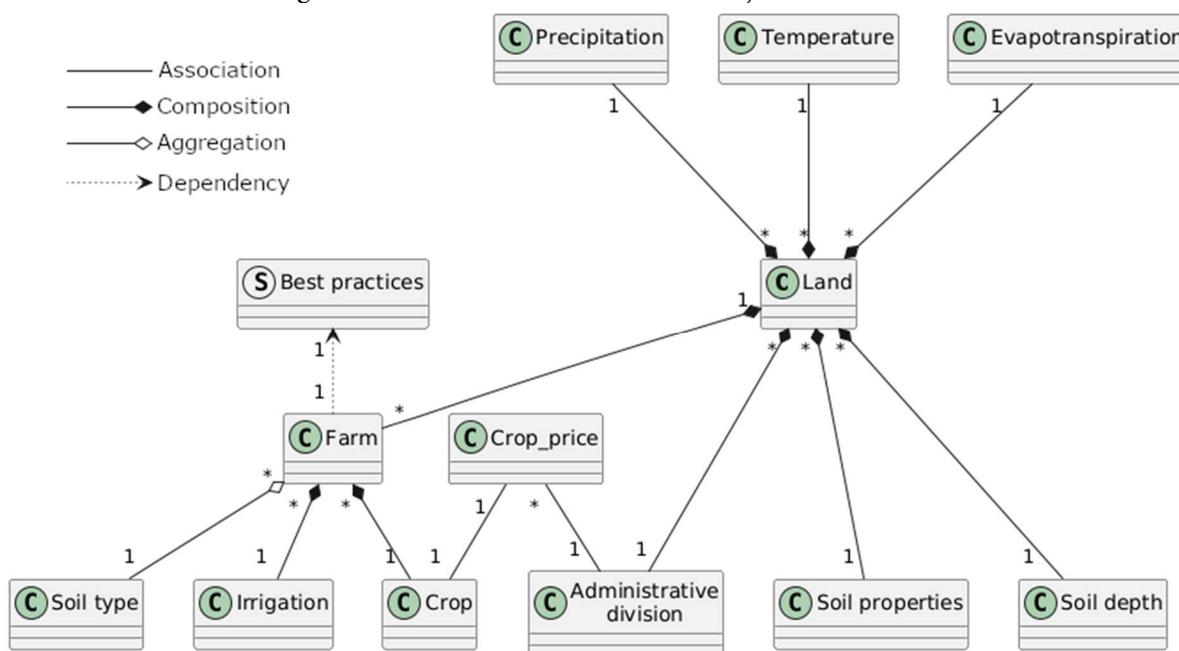


Figura 3. Diagrama de clases usado para el desarrollo de Makara app.

Ejecución del modelo

El sistema ejecuta un modelo híbrido previamente calibrado. Primeramente, se ejecuta AquaCrop para obtener una estimación del rendimiento esperado considerando las condiciones climáticas y edafológicas de la parcela. Posteriormente se utiliza este rendimiento como una variable de estado del modelo socio-hidrológico propuesto por Pande & Savenije (2016). Finalmente el resultado se refina mediante un modelo Kernel Principal Component Analysis (Djohan et al., 2024).

Desarrollo de la interfaz gráfica de usuario

La interfaz gráfica de usuario (GUI) a través de la cual reciben asesoramiento se diseñó después de interacciones con 100 agricultores. La estrategia seleccionada ofrece pronósticos de rendimiento, ingresos y ganancias de los cultivos, presentados en un formato audiovisual

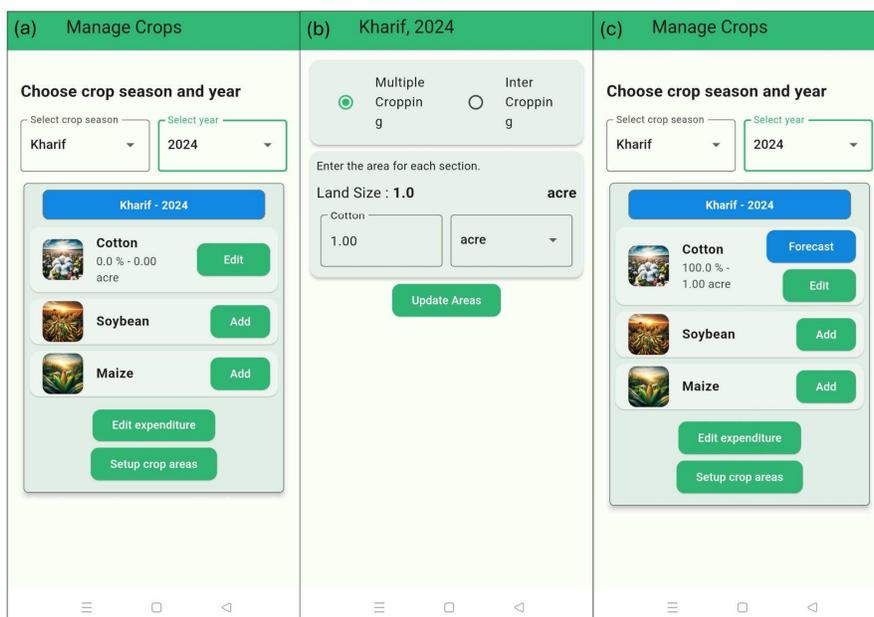


Figura 5. Manejo de cultivos en Makara: (a) agregar cultivos, (b) especificar inter/multi-cultivo, y (c) pantalla previa a la ejecución.

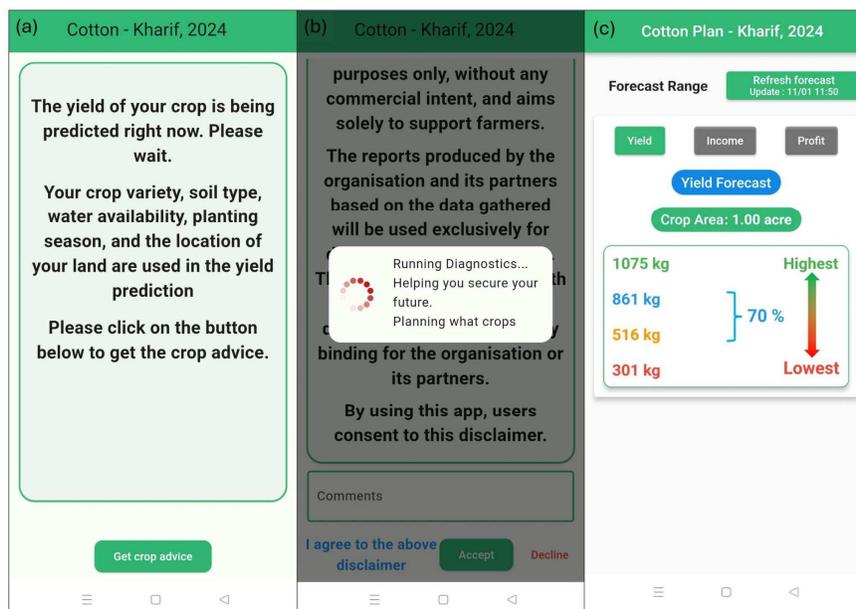


Figura 6. Vista de la aplicación Makara, habilitada en 3 lenguajes: (a) contextualización de la metodología de la evaluación del riesgo, (b) texto de descarga de responsabilidad y consentimiento, y (c) la comunicación de riesgos, que destaca un rango de rendimiento que tiene una probabilidad del 70% de lograrse.

Conclusiones

Este estudio presenta una aplicación de comunicación de riesgos, Makara, que transforma los conocimientos generados por un modelo sociohidrológico complejo (modelo SH) y un modelo

Managing Risk in Farming: Concepts, Research, and Analysis.

- Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, W., Inzunza-Ibarra, M. A., & Marcial-Pablo, M. de J. (2021). Analysis of the NASA-POWER system for estimating reference evapotranspiration in the Comarca Lagunera, Mexico. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 13(2), 201–226. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2021.03.050>
- Kumar, K. S., & Karthikeyan, C. (2019). Status of mobile agricultural apps in the global mobile ecosystem. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 15(3), 63–74.
- Mittal, S., & Tripathi, G. (Eds.). (2009). Role of Mobile Phone Technology in Improving Small Farm Productivity. *Agricultural Economics Research Review Agricultural Economics Research Review*. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.57502>
- National Aeronautics and Space Administration. (n.d.). *Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) API* [Computer software]. NASA. <https://power.larc.nasa.gov/>
- Pande, S., & Savenije, H. H. G. (2016). A sociohydrological model for smallholder farmers in Maharashtra, India. *Water Resources Research*, 52(3), 1923–1947.
- Shahidian, S., Serralheiro, R., Serrano, J., Teixeira, J., Haie, N., & Santos, F. (2012). Hargreaves and Other Reduced-Set Methods for Calculating Evapotranspiration. In A. Irmak (Ed.), *Evapotranspiration*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/18059>
- Soil and Land Resources Assessment Division, Indian Space Research Organisation. (2016). *National Information System for Climate and Environment Studies (NISCES)* [Dataset]. <https://bhuvan-app3.nrsc.gov.in/data/download/index.php>
- Xu, Z., Adeyemi, A. E., Catalan, E., Ma, S., Kogut, A., & Guzman, C. (2023). A scoping review on technology applications in agricultural extension. *PLOS ONE*, 18(11), e0292877. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292877>