

C-06-2023

Comunicación científico-técnica

AGROINVASION, un proyecto de Ciencia Ciudadana para la detección precoz de invasiones y colonizaciones biológicas en las infraestructuras de riego

AGROINVASION, a Citizen Science project for the early detection of biological invasions and colonizations in irrigation infrastructures

Martínez-Cruz, C.¹; Hidalgo Lozano, C.¹; Fernández-Sánchez, M.B.²; Rueda, A.¹; Parra, G.²; Pérez-Latorre, F.J.³ Jiménez-Melero, R.⁴.

- 1 Dpto. de Informática de la Universidad de Jaén.
- 2 Dpto. Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Jaén.
- 3 Dpto. de Ingeniería Mecánica y Minera de la Universidad de Jaén.
- 4 Dpto. Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Jaén, rmelero@ujaen.es

Resumen: La actual crisis hídrica, consecuencia del cambio climático y del mal uso del suelo, hace necesario una gestión extraordinariamente eficiente del agua. En el caso de las infraestructuras de riego agrícola, su colonización biológica, ya sea por especies exóticas invasoras o por especies autóctonas, supone un enorme coste económico (aproximadamente 40-70 euros por hectárea/año), principalmente asociado al consumo de agua y biocidas, para la limpieza y la erradicación de los organismos, así como por un incremento en el consumo energético.

En este contexto, el proyecto AGROINVASION (financiado por la Diputación de Jaén y la Universidad de Jaén) pretende conocer la distribución de organismos “colonizadores” en los sistemas de riego y analizar qué factores determinan tanto su expansión como su control. Una vez se adquiera este conocimiento se podrán buscar prácticas de bajo coste y ambientalmente sostenibles, que permitan evitar su proliferación por dichas infraestructuras.

La ayuda de los ciudadanos resulta imprescindible cuando las áreas de estudio son demasiado amplias para ser abarcadas por el equipo investigador o cuando se requiere de la compilación de datos a tiempo real, como en el caso que nos ocupa. Es por ello que AGROINVASION se plantea como un proyecto de Ciencia Ciudadana cuyo objetivo es crear una red de colaboración entre agricultores, técnicos de las comunidades de regantes e investigadores que permita, tanto conocer el estado de colonización/invasión actual de los sistemas de regadío por



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



organismos autóctonos o alóctonos, como diseñar e implementar mecanismos de alerta temprana y prevención.

Para alcanzar dicho objetivo hemos diseñado una aplicación adaptable (responsive), es decir, accesible desde cualquier dispositivo móvil, que nos permitirá intercambiar información con los responsables de riego interesados en participar. La aplicación cuenta con un breve formulario que permite al usuario describir la especie problemática y la infraestructura afectada. Si lo desea puede aportar también fotografías y/o videos. Dichas “alertas” de los usuarios pueden ser consultadas por los administradores, esto es, por el equipo investigador. Por su parte, los administradores pueden crear, editar y actualizar tanto fichas descriptivas de los organismos problemáticos como “noticias” con información relevante para el usuario (i.e. causas que originan su proliferación, estrategias de prevención y/o erradicación, últimas investigaciones sobre la temática, etc.)

Por consiguiente, esta aplicación consta de dos partes bien diferenciadas: por un lado, la app o aplicación móvil desde donde accederán los usuarios, y que podrán descargársela desde un enlace que se les facilita o desde las plataformas de compra disponibles para Android (Google Play) o iOS (App Store), y por otro lado una aplicación web diseñada únicamente para los administradores. Actualmente, todo el desarrollo se encuentra en la fase de pruebas.

La colaboración que surja con los responsables de riego de las comunidades de regantes a través de esta aplicación abre el camino hacia la búsqueda conjunta de estrategias y soluciones ambientalmente sostenibles, que permitan una reducción del uso de biocidas y un mejor aprovechamiento del agua. Su potencial impacto, no sólo científico sino también social, político y ambiental, la convierten en una herramienta muy útil para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: Especies Exóticas Invasoras; invasiones biológicas; floración de zooplancton; floración algal; aplicación móvil.



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



Abstract: The current water crisis, a consequence of climate change and inadequate land use, makes extraordinarily efficient water management necessary. In the case of agricultural irrigation infrastructure, its biological colonization, whether by invasive exotic species or native species, represents an enormous economic cost (approximately 40-70 euros per hectare/year), mainly associated with the consumption of water and biocides, for the cleaning and eradication of organisms, as well as an increase in energy consumption.

In this context, the AGROINVASION project (financed by the Provincial Council of Jaén and the University of Jaén) aims to know the distribution of “colonizing” organisms in irrigation systems and analyze what factors determine both their expansion and their control. Once this knowledge is acquired, low-cost and environmentally sustainable practices can be sought, which will prevent their proliferation through said infrastructures.

The help of citizens is essential when the study areas are too broad to be covered by the research team or when the compilation of data in real time is required, as in the case at hand. That is why AGROINVASION is proposed as a Citizen Science project whose objective are to create a collaboration network between farmers, technicians from irrigation communities and researchers that allows us to know the current state of colonization/invasion of irrigation systems by native or non-native organisms, as well as designing and implementing early warning and prevention mechanisms.

To achieve this objective, we have designed an adaptable application (responsive), that is, accessible from any mobile device, which will allow us to exchange information with irrigation managers interested in participating. The application has a short form that allows the user to describe the problematic species and the affected infrastructure. If he/she wishes, he/she can also provide photographs and/or videos. These user “alerts” can be consulted by administrators, that is, by the research team. For their part, administrators can create, edit and update both descriptive sheets of problematic organisms and “news” with relevant information for the user (i.e. causes that cause their proliferation, prevention and/or eradication strategies, latest research on the subject, etc.).

Consequently, this application consists of two very different parts: on the one hand, the app or mobile application from which users will access, and which can be downloaded from a link provided to them or from the purchasing platforms available for Android (Google Play) or iOS (App Store), and on the other hand a web application designed solely for administrators. Currently, the entire development is in the testing phase.

The collaboration that arises with those responsible for irrigation of the irrigation communities through this application opens the way towards the joint search for environmentally sustainable strategies and solutions, which allow a reduction in the use of biocides and better use of water. Its potential impact, not only scientific but also social, political and environmental, makes it a very useful tool for achieving the Sustainable Development Goals.

Keywords: Invasive Exotic Species; biological invasions; zooplankton bloom; algal bloom; mobile app.

1. Introducción

Las Especies Exóticas Invasoras (i.e. especies foráneas que se establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural [1]) son, junto al cambio climático y la contaminación, una de las principales consecuencias del cambio global, así como uno de los mayores retos a los que la Humanidad tiene que hacer frente. Los efectos de las especies introducidas son, después de la degradación de los hábitats, la segunda causa de pérdida de biodiversidad, especialmente en los ecosistemas acuáticos no marinos [2]. Además, estos organismos producen daños importantes sobre las actividades humanas [1]. En 2008, el coste de controlar las especies invasoras y reparar los daños que causan en la UE alcanzó un valor estimado de 9,6 a 12,7 millones de euros; pero este rango es ciertamente una subestimación, dado que muchos países solo están comenzando a contabilizar los costes [3]. Entre los diversos impactos negativos de los que son responsables cabe destacar su capacidad para reducir la producción agrícola y ganadera [4]. En el caso de Andalucía la situación es preocupante. Según las estimaciones de la mayor Asociación de Comunidades de Regantes de Andalucía (FERAGUA), actualmente la lucha contra las EEI supone un coste anual de 40-70 euros por hectárea. La amenaza potencial que representan estas especies para el regadío andaluz se eleva a 72 millones de euros. Resultan muy significativos los gastos energéticos y el consumo extraordinario de agua que ocasionan. Las EEI pueden elevar la necesidad de consumo energético en 200 Gw h/año. y, si estas especies continúan colonizando infraestructuras de riego, se necesitarán 12 millones de metros cúbicos adicionales anuales de agua para limpieza de filtros (información extraída de FERAGUA: <http://invarega.eu/>). En un territorio donde se prevé una reducción de la disponibilidad hídrica como consecuencia del cambio climático, la pérdida de eficiencia en los sistemas de riego debido a la proliferación de invasoras puede comprometer seriamente el futuro del sector agrario de Andalucía.

Además de las EEI, los organismos autóctonos también pueden reducir la eficiencia de las infraestructuras de riego. El zooplancton y algunos tipos de algas pueden proliferar en exceso obstruyendo los filtros con el consiguiente coste económico. En este caso nos encontramos con un dilema ya que las balsas de riego se han convertido en un refugio de biodiversidad dando cobijo a muchas especies que han perdido su hábitat natural. Se hace necesario por tanto una gestión sostenible que permita la convivencia de esta biodiversidad con el funcionamiento óptimo de las infraestructuras de riego. Una detección temprana de la proliferación de estos organismos, tanto los autóctonos como los foráneos, puede facilitar su control y/o erradicación, con el consiguiente ahorro económico. Sin embargo, dicha detección precoz es un reto que requiere de la colaboración ciudadana. La ayuda de los ciudadanos resulta imprescindible cuando las áreas de estudio son demasiado amplias para ser abarcadas por un equipo investigador o cuando se requiere de la compilación de datos a tiempo real. Este es el caso que nos ocupa: si queremos realizar una detección precoz de la infestación por organismos en los sistemas de regadío, necesitamos observadores que hagan un seguimiento casi diario en un

gran territorio. Quiénes mejor que los agricultores¹ y técnicos de las Comunidades de Regantes (CR) para actuar como centinelas que alerten de forma temprana sobre este tipo de invasiones biológicas, poniéndolo en conocimiento de los científicos y/o de la Administración.

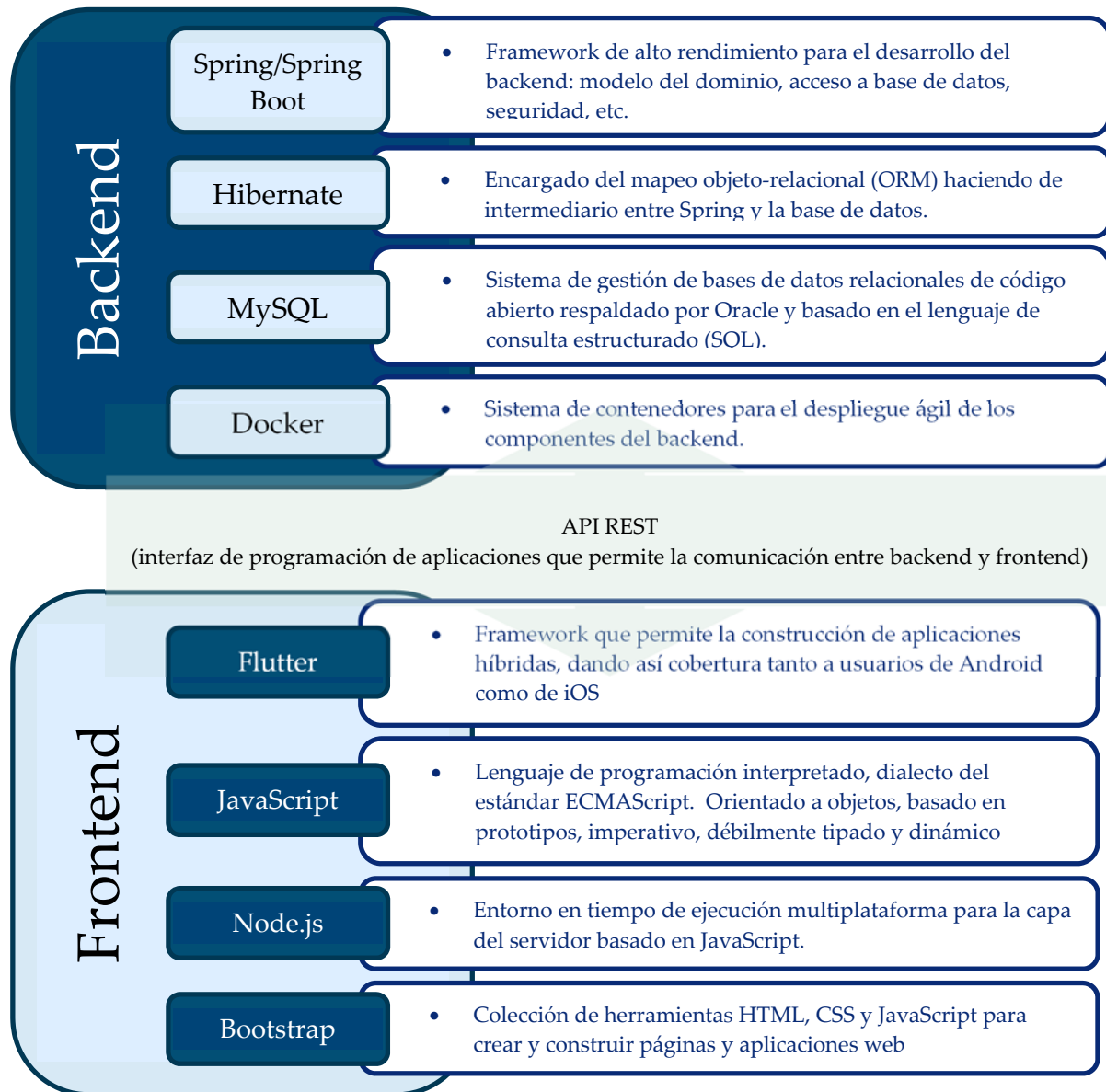


Figura 1. Tecnologías utilizadas en el desarrollo de la aplicación Agroinvasión.

El actual Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea (2021-2027), denominado “Horizonte Europa”, concibe la Ciencia Ciudadana como una de las herramientas para reformar y reforzar el sistema europeo de investigación e innovación. En la Ciencia Ciudadana el público no especializado colabora con los científicos y son partícipes de una

¹ En aras de simplificar la lectura, en este documento sólo se ha utilizado el género masculino para referirse tanto al masculino como al femenino

investigación científica real [5]. En este contexto nace el proyecto AGROINVASION, siendo uno de sus principales objetivos la creación de una red de observadores, procedentes del sector agrícola, que nos permitan el establecimiento de sinergias para la detección precoz y seguimiento de la invasión por briozoos y bivalvos en los sistemas de regadío localizado de la provincia de Jaén. Así mismo, se pretende recoger información sobre otro tipo de colonizaciones biológicas y las principales causas que las propician. Para ello se ha diseñado una aplicación accesible desde cualquier dispositivo móvil (web responsive o móvil) en la que los observadores pueden subir fotografías de las posibles colonias de briozoos, bivalvos o de otros organismos problemáticos, así como aportar datos sobre las infraestructuras afectadas y su ubicación. Dicha aplicación también permite poner en contacto a los agricultores con el equipo investigador. Así mismo el equipo científico puede aportar información actualizada sobre las especies identificadas y otro tipo de información de interés para el usuario.

2. Materiales y métodos

Las tecnologías utilizadas para el desarrollo del *backend* y *frontend* de la aplicación aparecen resumidas en la figura 1. Como puede verse en dicha figura, para el *backend*, que es la parte que gestiona la lógica de la página web que no puede ser vista por el usuario final, se ha optado por usar un contenedor Docker que contiene un motor de base de datos MySQL para proporcionar la solución de almacenamiento de datos. La conexión entre la base de datos y la aplicación se realiza a través del framework Hibernate y la de desarrollo de la funcionalidad de servidor a través del framework de Spring/Spring Boot. En el *frontend*, que es la parte de la aplicación que interactúa con el usuario se han desarrollado menús desplegables, imágenes, íconos, colores, elementos gráficos y animaciones que mejoran la accesibilidad y la experiencia de navegación del usuario. Esta parte ha sido desarrollada usando los lenguajes HTML5, y JavaScript y el framework Bootstrap.

Asimismo, la aplicación móvil se ha desarrollado de manera adaptativa o 'responsive' para facilitar el uso de la aplicación en cualquier tipo de dispositivo, sea un ordenador de sobremesa, un móvil o una tablet. Para ello se ha utilizado Flutter, que es un kit de herramientas que permite realizar apps con los requisitos establecidos en este proyecto.

Finalmente, la comunicación *backend-frontend* o, dicho de otro modo, entre el cliente y el servidor de nuestras aplicaciones, está basada en una API *Restful*. Esta API (interfaz de programación de aplicaciones) es un conjunto de reglas agnósticas que determinan cómo las aplicaciones o los dispositivos pueden conectarse y comunicarse entre sí.

3. Resultados y discusión

El tipo de prototipo desarrollado es evolutivo, esto es, se desarrolla con la intención de extenderlo y mejorarlo de manera incremental. La calidad de su implementación es importante y requiere mayor esfuerzo de desarrollo. Los requisitos, tanto funcionales como no funcionales, del sistema aparecen recogidos en las tablas 1 y 2. Los requisitos funcionales describen cómo debe comportarse el sistema; definen una función del sistema a desarrollar. Una función es descrita como un conjunto de entradas, comportamientos y salidas. En *Agroinvasion* diferenciaremos los requisitos funcionales dependiendo del tipo de usuario

encargado de realizarlos. Así, por un lado, contamos con los “usuarios” *sensu* estricto, es decir, los responsables del riego de las comunidades de regantes y/o los agricultores, así como cualquier ciudadano con interés en colaborar en este proyecto de ciencia ciudadana. Por otro lado, están los “investigadores”, responsables de la aplicación web de administración. La tabla 1 recoge dichos requisitos funcionales agrupados según el usuario encargado de realizar la acción (i.e. “usuario” o “investigador”). Los requisitos no funcionales o atributos de calidad, no describen funcionalidad sino la calidad que se espera de los servicios que va a ofrecer el sistema. Se refieren a todos los requisitos que no describen información a guardar, ni funciones a realizar, sino características de funcionamiento. Los requisitos no funcionales de nuestro sistema aparecen recogidos en la tabla 2.

La marca *Agroinvasion* está compuesta de isotipo (símbolo), logotipo y colores corporativos (Figura 2) que se deberán respetar en su correcto uso según el manual de uso de la marca específicamente creado. Símbolo y texto deben utilizarse combinados, pero se puede utilizar exclusivamente el símbolo como función decorativa y representativa de la marca. La tipografía corporativa es Jura bold (Google fonts). Se eligió este tipo por el blanco interno orgánico y su claridad visual, si bien se ha modificado para equilibrar el alto de todas las letras y dar un ligero toque personal al texto de la marca. Los fondos claros escogidos permiten una mejor visualización en exteriores, que es donde se prevé que con mayor frecuencia será utilizada la aplicación por los usuarios, esto es, por los responsables de riego y los agricultores. Además, se ha diseñado un logotipo animado (splash activity) que aparece al abrirse la aplicación. Simula unas gotas de agua que caen hasta configurar el logotipo.

Tabla 1. Requisitos funcionales de la app *Agroinvasion*.

	Requisito funcional	Descripción
Requisitos funcionales para los “usuarios” (i.e. ciudadano colaborador).		
RF1	Realizar una notificación	Un usuario que acceda a la aplicación puede notificar en cualquier momento la aparición de invasoras o la proliferación problemática de cualquier tipo de organismo en las infraestructuras de riego
RF2	Visualizar un listado de noticias ²	Los usuarios pueden visualizar el listado con todas las noticias existentes en el sistema en sus dispositivos móviles.
RF3	Visualizar una noticia a detalle	Los usuarios pueden pulsar y acceder a leer todos los detalles de una noticia en concreto.
RF4	Buscar una noticia	Los usuarios pueden buscar noticias en concreto mediante el título de las mismas.
RF5	Visualizar un listado de organismos ³	Los usuarios pueden visualizar el listado con todos los organismos existentes en el sistema en sus dispositivos móviles
RF6	Visualizar un listado de organismos	Los usuarios pueden visualizar en sus dispositivos móviles el listado con todos los organismos del catálogo de especies publicado en ese momento en el sistema
RF7	Buscar un organismo	Los usuarios pueden buscar organismos en concreto mediante el nombre común de estos

² Denominamos “noticias” a toda la información que los investigadores consideran relevante y pertinente para el usuario. Por ejemplo: nuevas especies exóticas invasoras encontradas, qué especies han identificado los investigadores como responsables de la obstrucción de los filtros, cuáles son las causas que dan lugar a la aparición de estos organismos (tanto los exóticos como los autóctonos), posibles medidas de prevención y/o erradicación, etc.

³ La app cuenta con un catálogo de especies que potencialmente pueden causar problemas en los sistemas de regadío.

	Requisito funcional	Descripción
RF8	Contactar con un investigador	Los usuarios pueden contactar en cualquier momento mediante correo electrónico o mediante llamada telefónica con la investigadora principal
Requisitos funcionales para los "investigadores" (i.e. administradores de la web).		
RF9	Registrarse en el sistema	Los investigadores pueden registrarse en el sistema para llevar a cabo la gran mayoría de acciones. Para ello deberá proveer al sistema de información personal básica y credenciales
RF10	Iniciar sesión en el sistema	Una vez que el investigador se ha registrado y ha sido confirmado por otro investigador, podrá acceder al sistema usando sus credenciales.
RF11	Recuperar su contraseña	Un investigador que no recuerde su contraseña, podrá recuperarla mediante el uso de su correo electrónico
RF12	Crear una nueva noticia	Un investigador puede crear una nueva noticia insertando su título, descripción y archivos multimedia si lo desea
RF13	Editar una noticia existente	Un investigador puede editar una noticia que él haya creado, modificando el título, descripción o archivos multimedia
RF14	Eliminar una noticia existente	Un investigador puede eliminar una noticia que él haya creado.
RF15	Crear un nuevo organismo	Los investigadores pueden crear la ficha de un nuevo organismo insertando su nombre común, nombre científico, tipo, descripción, distribución, impactos (positivos o negativos), modos de erradicación, vías de entrada y archivos multimedia si lo desea.
RF16	Editar un organismo existente	Los investigadores pueden editar la ficha de cualquier organismo existente en el sistema
RF17	Eliminar un organismo existente	Los investigadores pueden eliminar un organismo existente en el sistema.
RF18	Acceso a otros investigadores	Los investigadores pueden acceder al listado del equipo de investigadores registrados sin acceso y podrá aceptarlos o denegarlos
RF19	Visualizar listado de notificaciones	Los investigadores pueden visualizar un listado con todas las notificaciones registradas en el sistema
RF20	Visualizar una notificación en detalle	Los investigadores pueden visualizar una notificación en detalle
RF21	Editar o añadir una imagen a su perfil	El investigador puede añadir o cambiar su imagen de perfil.
RF22	Cambiar sus credenciales	El investigador puede cambiar la contraseña de acceso a su cuenta.
RF23	Cambiar su nombre de perfil	El investigador puede cambiar o modificar su nombre de usuario.
RF24	Dar de baja o eliminar su cuenta	El investigador puede dar de baja su cuenta y eliminarla si así lo desea.
RF25	Cerrar sesión	El investigador puede cerrar la sesión iniciada

4. Conclusiones

Afortunadamente, los bivalvos y briozoos invasores no están aún causando problemas en los sistemas de riego del Alto Guadalquivir. Sin embargo, dado que ya han alcanzado la cuenca media del Guadalquivir, es previsible que alcancen la región alta en el corto-medio plazo. En

este escenario, la aplicación Agroinvasión ha llegado a tiempo para convertirse en una buena herramienta de prevención y alerta temprana de futuras invasiones biológicas.

Tabla 2. Requisitos no funcionales de la app *Agroinvasión*.

Requisito funcional	Descripción
RNF1 Diseño responsive	Técnica que se usa en la actualidad para tener una misma web adaptada a las diferentes plataformas que nos brinda la tecnología: ordenador, tablet y smartphone. La gran ventaja de usar este tipo de diseño es que mejora la calidad de uso y experiencia del usuario.
RNF2 Disponible en distintas plataformas de comercialización ⁴	La aplicación móvil se podrá encontrar en las distintas plataformas de comercialización, como puede ser la App Store para aplicaciones desarrolladas para productos con sistema operativo iOS y en la Play Store para aplicaciones desarrolladas para productos con sistema operativo Android.
RNF3 Funcionamiento en cualquier navegador	La aplicación web podrá funcionar en cualquier navegador, ya sea Google Chrome, Opera, Firefox, Safari, etc.
RNF4 La aplicación necesitará de conexión a internet para funcionar	En ausencia de conexión a internet, la app se podrá desplegar, pero se mostrará un mensaje indicando que es necesario disponer de conexión a internet para poder visualizar la distinta información requerida, ya sean noticias u organismos.

En este sentido, es también muy positivo la red de contactos que hemos iniciado con los responsables de riego de la provincia de Jaén, lo que nos ha permitido establecer sinergias y conocer de forma más cercana y veraz sus problemas diarios en la gestión del agua. Confiamos en que esta red vaya incrementándose y fortaleciéndose con el paso del tiempo. Gracias a esta cercanía con los actores principales del regadío jiennense, hemos podido conocer que, en la actualidad, sus mayores problemas de obstrucción de filtros se producen con organismos autóctonos, principalmente con las pulgas de agua (cladóceros). Estas explosiones de biomasa suponen un gasto adicional de biocidas, agua y energía. Así, aunque en un primer momento el proyecto AGROINVASION tenía como objetivo conocer el grado de invasión por EEI dulceacuícolas, se decidió que en la aplicación móvil no se hablaría de especies invasoras sino de especies “colonizadoras”; de esta manera la app queda abierta a cualquier tipo de organismo, tanto exóticos invasores como nativos.

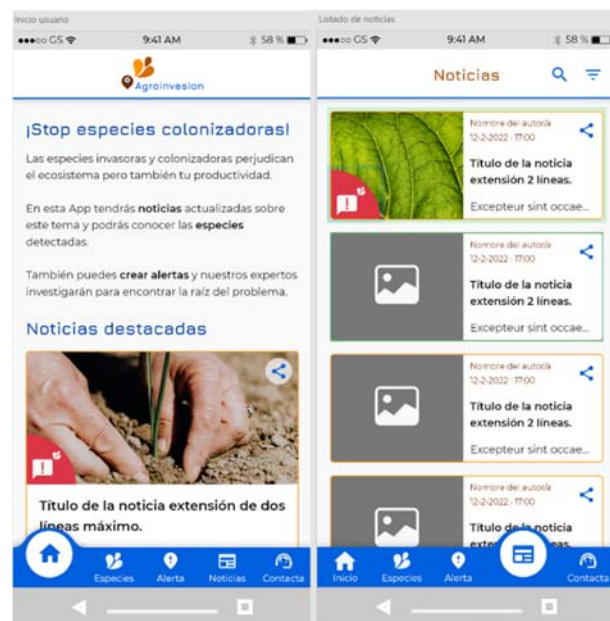
La aplicación ha sido diseñada para trabajar con un gran volumen de usuarios y para crecer rápidamente, en caso de ser necesario. Su diseño gráfico ha sido ideado para ser utilizado fundamentalmente en exteriores, dirigido a cualquier tipo de público y desde cualquier dispositivo. Consiste en dos desarrollos: por un lado, la app o aplicación móvil desde donde accederán los usuarios, y que podrán descargársela desde un enlace o desde las plataformas de compra disponibles para Android (Google Play) o Iphone (App Store), y por otro lado una aplicación web, donde sólo tendrán acceso los administradores. Actualmente todo el desarrollo se encuentra en la fase de pruebas.

⁴ Actualmente no está aún en fase de producción. Se encuentra en fase de pruebas y pendiente de encriptación.

Ante el actual escenario de cambio climático, donde el agua será un recurso cada vez más escaso, la colaboración surgida con los responsables de riego de las comunidades de regantes del Alto Guadalquivir abre el camino hacia la búsqueda conjunta de estrategias y soluciones ambientalmente sostenibles que permitan una reducción del uso de fitosanitarios y un mejor aprovechamiento del agua. El uso de la tecnología en la actividad agrícola, va a permitir que el sector se profesionalice y da a los agricultores la posibilidad de encontrar beneficios mientras se enfrenta a desafíos presentes y futuros aumentando su competitividad (reducción de costes, sostenibilidad, lucha frente a invasoras, etc) [6].



Figura 2. Imagotipo de la marca *Agroinvasión* (izquierda) y muestra de la interfaz de usuario (derecha).



5. Agradecimientos

Este proyecto ha sido parcialmente financiado por la Diputación de Jaén (Convocatoria 2021 de proyectos de investigación del Instituto de Estudios Giennenses en el área de conocimiento Ciencias Naturales y Tecnología) y por la Universidad de Jaén (Acción 1b del Plan Operativo de Apoyo a la Investigación de la Universidad de Jaén 2021-2022). C.H.L. fue beneficiario de una ayuda ICARO de la UJA para apoyar el proyecto.

Referencias

1. IUCN. Costs and Benefits of Alien Species; International Union for Conservation of Nature, 2001.
2. García-Berthou, E.; Alcaraz, C.; Pou-Rovira, Q.; Zamora, L.; Coenders, G.; Feo, C. Introduction Pathways and Establishment Rates of Invasive Aquatic Species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2011. <https://doi.org/10.1139/f05-017>.
3. European Commission. Invasive Alien Species; UE Publications Office, 2009.
4. Capdevila Argüelles, L.; Iglesias García, Á.; Orueta, J. F.; Zilletti, B. Especies Exóticas Invasoras: Diagnóstico y Bases Para La Prevención y El Manejo; Naturaleza y Parques Nacionales; Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio de Medio Ambiente, 2006
5. Serrano Sanz, F.; Holocher-Ertl, T.; Kieslinger, B.; Sanz García, F.; Silva, C. G. White Paper on Citizen Science in Europe. Socientize Consortium 2014.
6. MAPAMA. Digitisation strategy for the agri-food and forestry sector and rural areas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España, 2023