

Detección de malezas en cultivos utilizando inteligencia artificial

Lorenzo León G., Cristóbal Campos, Guissella Reyes, Yanet Parra / INIA Quilamapu

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO INIA QUILAMAPU N° 162 – AÑO 2022

El manejo de malezas en Chile se inserta en un escenario tecnológico, donde destacan soluciones innovadoras, como los drones en aplicación de herbicidas, aunque con igual o superior número de dosis. Esta excesiva dependencia de la herramienta química ha generado importantes problemas que van en aumento, como la resistencia de malezas a ingredientes activos y deriva a zonas de cultivo aledañas.

En el mundo existe un importante desarrollo de tecnologías de sensoramiento y aplicación* que permiten racionalizar el uso de herbicidas. Ellas abren la posibilidad de emplear métodos de control distintos a los herbicidas de síntesis, que hasta la fecha no han podido ser empleados. Este conjunto de nuevas tecnologías depende del uso de “inteligencia artificial” que en muy poco tiempo ha abierto insospechadas posibilidades para la detección y reconocimiento automático de poblaciones de malezas. Para ello es necesario desarrollar bases de datos digitales de los cultivos y sus malezas asociadas, y probar estos métodos bajo condiciones locales, lo que se ha realizado, por dos temporadas, en ensayos de INIA en Chillán.

¿De qué sirve saber dónde están ubicadas las malezas en el manejo integrado?

La utilidad está en que permite aumentar la eficiencia de las herramientas empleadas en un programa de

manejo integrado, como las químicas, mecánico-físicas y biológicas. Una manera lógica de ser más efectivos es dirigir las aplicaciones exclusivamente a las zonas donde están ubicadas las plántulas de malezas o los grupos densos de malezas. Por ello es preciso saber cómo se distribuyen las mismas en el terreno y en qué magnitud de superficie (1m², 1 ha, un predio, etc.).

Tradicionalmente, al recorrer un terreno solo ha sido posible describir lo que se observa en términos cualitativos (ejemplo: “hay mucha quinguilla”, “hay un poco de hualcacho”, etc.), pero si se quisiera establecer un mapa con las malezas existentes en cada metro cuadrado de un campo, sería una labor difícil de realizar. Ante este escenario, resulta indispensable encargar esta tarea a una máquina (computador) que pueda procesar la información visual que se le entrega y devolverla como un mapa detallado de aplicación. Es aquí donde comienza a brillar la inteligencia artificial.

Inteligencia artificial y reconocimiento de malezas en el campo

La inteligencia artificial se define como la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de máquinas, especialmente sistemas informáticos. Esto hace mención a la necesidad de “enseñar” un procedimiento a una máquina, y que esta, posteriormente, lo reconozca de manera automática.

*Artículo “Inteligencia artificial: importancia actual y proyecciones para el control de malezas”, revista Tierra Adentro N° 113: pp. 104-101.

Para “enseñar” a las máquinas se deben seguir varios pasos. El primero es obtener y preparar un conjunto de datos, los que en el caso de este Informativo, corresponden a imágenes digitales de malezas-cultivo (Figura 1a). Es importante contar con la mayor cantidad de imágenes posible y, luego, indicar al computador la ubicación de las plántulas de maleza o cultivo en cada fotografía (Figura 1b). Con posterioridad se realiza el “entrenamiento”, en donde la máquina aprende a reducir información desde una imagen de campo (muy compleja) a unos pocos números, los que luego interpreta como cada categoría de planta observada (Figuras 1c y 2a-h). El conocimiento queda plasmado en un “modelo” matemático (Figura 1c) que puede ser distribuido o compartido entre distintas máquinas o computadores (Figura 1d) para su uso en nuevas muestras de terreno (Figura 1e y f).

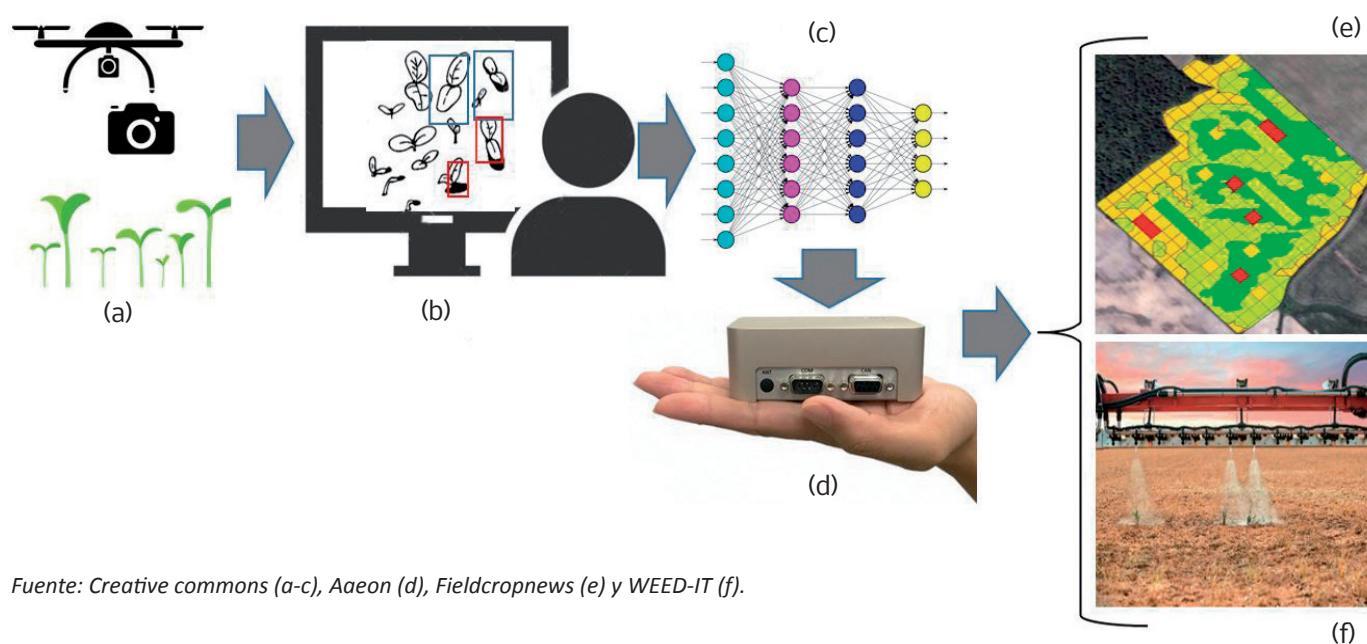
Este modelo puede ser mejorado en sus capacidades si se dispone de nueva información. Así, es posible señalar que este procedimiento es secuencial y que se perfecciona en el tiempo, lo que guarda relación con el proceso de aprendizaje, tal como lo conocemos.

Para que estos modelos de inteligencia artificial sean útiles, las definiciones de áreas de aplicación/intervención deben establecerse: (1) de manera precisa; (2) rápida (menos de

1/100 segundos); (3) robusta (sirvan para una amplia variedad de malezas y en distintas condiciones); y (4) con potencial para ser desplegados en terreno en la maquinaria de aplicación.

Avances en INIA (2020-2021)

En 2020, el Programa de Malezas de INIA Quilamapu inició el desarrollo de bases de datos y el ajuste de modelos de inteligencia artificial para infestaciones de malezas en las regiones del Maule y Ñuble. Los trabajos se han centrado en testear las metodologías para distintas combinaciones de malezas-cultivos, tipo de imagen (aérea o terrestre), condiciones de iluminación y desarrollo fenológico de las plantas detectadas. En el Cuadro 1, se muestran algunos de los resultados encontrados, correspondientes a índices para un tipo particular de modelo de inteligencia artificial (“Yolo V4”). Los resultados indican que mediante el uso de este modelo es posible cuantificar las distintas especies de malezas, para diversas condiciones ambientales y fenológicas de las poblaciones estudiadas. En estas situaciones, la bondad de predicción global (índice F1) sobrepasa el 80 % (0,8), con un máximo de 96 %. Algunas imágenes de estas predicciones se presentan en la Figura 2. Con lo anterior, los pasos a, b, c de la Figura 1 han comenzado a quedar cubiertos.



Fuente: Creative commons (a-c), Aaeon (d), Fieldcropnews (e) y WEED-IT (f).

Figura 1. Pasos para “enseñar” a una máquina y luego aplicar el conocimiento adquirido: (a) adquisición de imágenes de malezas; (b) sobre las imágenes colectadas, un anotador diferencia las distintas especies de malezas; (c) se ajusta un modelo matemático o red neuronal; (d) el modelo se emplea en computadores de campo (d), con los que es posible desarrollar (e) mapas de aplicación o (f) aplicaciones diferenciales en tiempo real.

No obstante los buenos resultados, hay distintos aspectos a mejorar: 1) todas las versiones del modelo de inteligencia artificial deben integrarse en una sola, capaz de predecir en rangos más amplios de malezas/cultivo; 2) que estos modelos actúen bajo condiciones de campo a velocidades de trabajo de maquinaria. Esto significará llevar estas capacidades a computadores (pequeños-poderosos), para ser puestos en la maquinaria (Figura 1d y f). Los resultados ya son suficientes para establecer diagnósticos iniciales basados, por ejemplo, en fotografías capturadas por drones, con lo que ya se podrían establecer mapas como el de la Figura 1e.

Pero estas innovaciones no dejarán de lado las otras componentes del manejo integrado de malezas. El control de poblaciones de malezas involucra trabajar sobre cantidades enormes de plantas, por lo que cualquier acción de reducción de estas poblaciones, ayudará a que los sistemas basados en inteligencia artificial, realicen eficientemente su labor. Ningún método por sí mismo

será capaz de controlar todo, pero sí lo hará el programa de manejo integrado en su totalidad.

Conclusiones

- 1- Para aumentar la eficiencia de las herramientas de manejo integrado de control de malezas, es necesaria una descripción rápida y detallada de las poblaciones de malezas en los cultivos.
- 2- Para ello se han evaluado satisfactoriamente, en la zona centro sur de Chile, herramientas de inteligencia artificial en distintas combinaciones de maleza-cultivo y ambientales.
- 3- Los modelos desarrollados establecerán mapas de malezas para adoptar mejores estrategias de manejo por parte del productor y, con ello, el funcionamiento de nueva maquinaria de control localizado.
- 4- Estas tecnologías no reemplazan otros elementos de manejo integrado tradicional, sino que los complementan.

Cuadro 1. Indicadores obtenidos para versiones del modelo “YOLO v4”, sobre datos de evaluación desarrollados para distintas malezas, cultivos y condiciones de captura.

Modelo	Especies	Estado fenológico	Tipo de cámara, Altura captura	Tiempo, humedad de suelo en superficie	Precisión ²	Índice recall ³	Índice F1 ⁴	Índice IoU (%) ⁵
1	LOLSS (Ballica), RAPRA (Rábano), TRZAX (Trigo)	Plántula (cotiledón-1 hv ¹)	Reflex, 0.5 m	Nublado, suelo húmedo	0.83	0.89	0.86	66.81
2	BRSNN (Raps), POLAV (Sanguinaria), POLPE (Duraznillo), VIOAR (Viola)	Plántula (cotiledones-1 ^{er} par hv)	Reflex, 1 m	Parcial, suelo húmedo	0.94	0.79	0.86	75.61
3	DATSS (Chamico), POLPE (Duraznillo), RAPRA (Rábano), ZEAMX (Maíz)	2-4 hv	Reflex, 1 m	Soleado, suelo seco	0.8	0.78	0.79	59.45
4	LENCU (Lenteja), AMBEL (Ambrosia), POLAV (Sanguinaria), POLPE (Duraznillo)	2-4 hv	Reflex, 0.5 m	Parcial, suelo húmedo	0.95	0.97	0.96	83.86
5	CICIN (Achicoria industrial)	Roseta (5-8 hv)	Drone, 4 m	Soleado, suelo seco	0.8	0.91	0.85	59.35
6	DAUCA (Zanahoria silvestre)	Floración	Drone, 7 m	Soleado, suelo no visible	0.9	0.88	0.89	69.17
7	ECHSS (Hualcacho)	Floración	Reflex, 0.5 m	Soleado, suelo no visible	0.98	0.86	0.92	82.72

¹ hv: hojas verdaderas de malezas y cultivos.
² Índice precisión (proporción de clasificaciones acertadas, respecto al total detectado).
³ Índice recall: proporción de plantas detectadas, respecto del total existente.
⁴ Índice F1: media ponderada entre los índices de precisión y recall, considerándose como una integración de ambos.
⁵ Índice IoU: bondad de la ubicación de los cuadros de detección en cada figura.

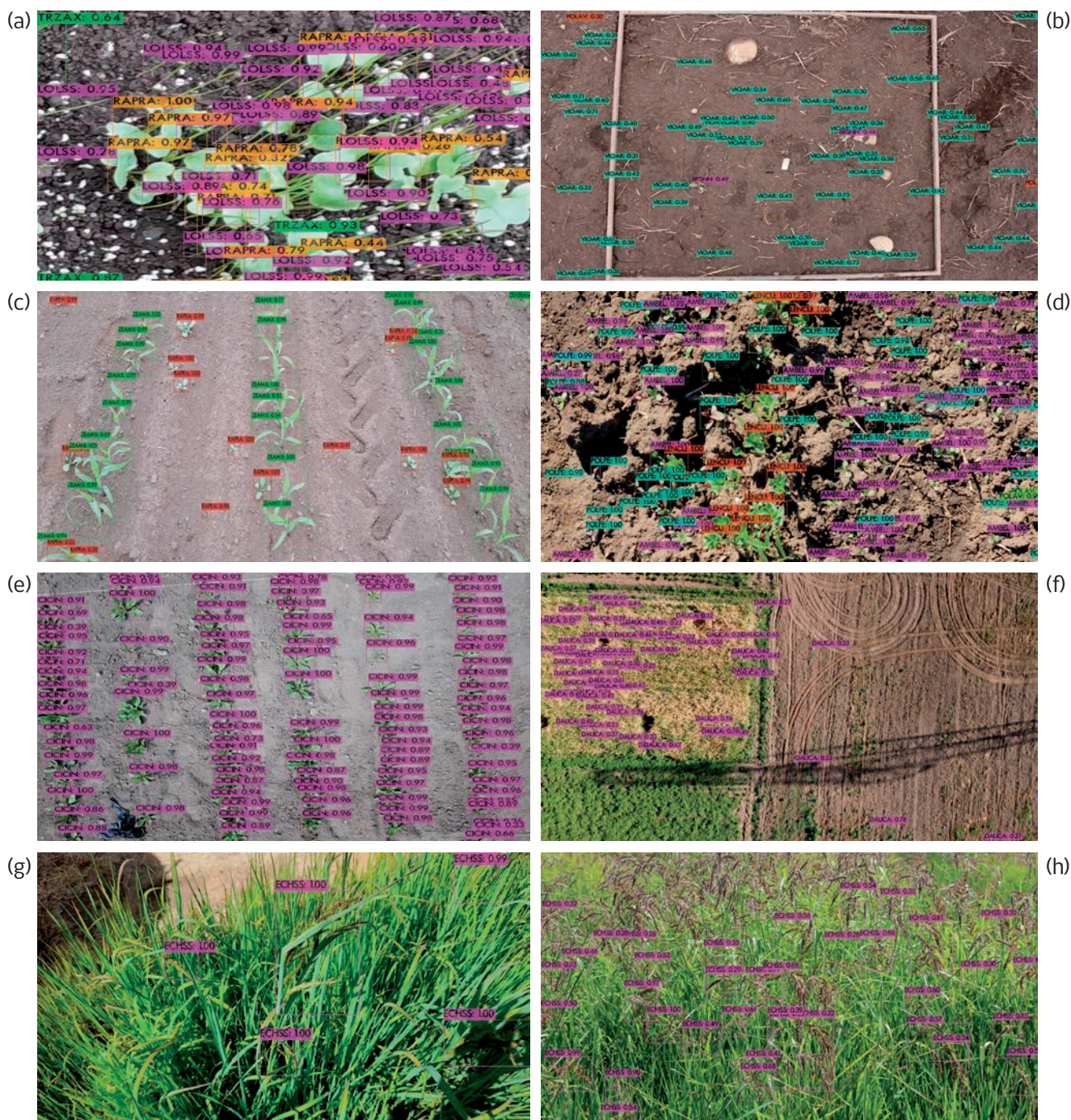


Figura 2. Resultados representativos para las versiones del modelo Yolo V4 descritas en el Cuadro 1, desarrolladas en cultivos-malezas de la zona centro sur de Chile, durante las temporadas 2020-2021. (a) versión 1: malezas en trigo; (b) versión 2: malezas en barbecho químico otoñal; (c) versión 3: malezas en cultivo de maíz; (d) versión 4: malezas en cultivo de lenteja; (e) versión 6: plantas de achicoria industrial; (f) versión 5: inflorescencia de zanahoria silvestre; (g y h) versión 7: inflorescencias en hualcacho negro.

El presente informativo forma parte de los resultados obtenidos por el proyecto “Nuevos elementos para el manejo integrado de malezas en la zona centro sur de Chile”, financiado por la Subsecretaría de Agricultura.

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando la fuente y autores.
La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.
Más información: Lorenzo León G. / lleon@inia.cl
INIA Quilamapu, avenida Vicente Méndez 515, Chillán, Chile.

www.inia.cl