

ROBOTS: LA PRÓXIMA REVOLUCIÓN

Inteligencia artificial en la agroindustria

PRODUCTIVOS Y SUSTENTABLES
Tecnología de rolado selectivo

SEMILLAS CONSERVADAS
Para un futuro sostenible

ENTREVISTA A DIEGO MORENO
Secretario de Política Ambiental



AGROBÓTICA

ROBOTS: la próxima revolución del campo

En un futuro cercano, la incorporación de la inteligencia artificial a lo agropecuario permitirá tomar mejores decisiones y optimizar aún más las prácticas agrícolas. Desarrollos argentinos que transformaron el trabajo en el campo.

Por Cecille Esperbent

La literatura y el cine de ciencia ficción contribuyeron a que las palabras "robots" y "robótica" quedaran asociadas al futuro, a la suplantación de tareas humanas y a la conquista de territorios inexplorados en nuestro imaginario más cercano, aunque la realidad nos muestre algo muy diferente. La robótica cuenta con numerosas dimensiones y una infinidad de aplicaciones en el horizonte de la investigación, el desarrollo y la innovación agroindustrial; y ocupa espacios en casi todos los rubros de la actividad económica, las comunicaciones y el arte.

La implementación de electrónica, software, geoposicionamiento y mecatrónica tanto para la siembra, monitoreo o cosecha de un campo, es hoy una realidad. De hecho, con casi ocho millones de hectáreas sembradas con tecnología de precisión, la Argentina se ubica entre los países más tecnificados del mundo para la producción de granos.

Por ahora, muchos de los procesos para toma de decisiones en el campo se encuentran en fase experimental mientras se avanza rápidamente en la transferencia de los resultados científicos. Los debates acerca del sentido



de la tecnología acompañan el desarrollo de nuevos enfoques y disciplinas, donde surgen las preguntas acerca de cómo integrar conocimientos y saberes de diversas culturas a las costumbres tradicionales de las prácticas agrícolas a partir de perspectivas interdisciplinarias y sistémicas.

Esto lleva a pensar que en el futuro cercano no serán las máquinas quienes decidirán, claro está, aunque la Inteligencia Artificial ayudará a tomar mejores decisiones. Desde aquí el complejo entramado de la generación de conocimiento y tecnología, donde las instituciones del sistema científico y tecnológico argentino enfrentan un importante desafío en profundizar la investigación y la innovación agroindustrial. Éste definirá el alcance de los dispositivos en los sistemas productivos que acompañan su adopción, más allá de la mera utilización de las tecnologías. Aquí el rol del Estado resulta preponderante e insustituible.

La frontera en materia de desarrollos agrícolas ubica a los robots cada vez más cerca de que puedan sembrar, cosechar y pulverizar; es decir, realizar acciones más complejas donde intervendrán actores del mundo agropecuario, de las TIC y la robótica. Por tanto, con información precargada podrán hacer el seguimiento de un cul-

tivo, anticiparse al ataque de plagas y enfermedades, identificar zonas de malezas, detectar fallas de siembra o fertilización y realizar la tarea para remediar la situación.

Al principio, el concepto de agricultura de precisión (AP) en la Argentina se refirió al "manejo de insumos variables por ambientes y de datos extraídos del lote", recordó Juan Pablo Vélez, especialista en agricultura de precisión del INTA Manfredi –Córdoba– y siguió: "Luego incluyó a los **equipos y al control y medición de la eficiencia de las máquinas**".

A todo esto, le siguieron los desarrollos de software con inteligencia precargada para que la máquina tome decisiones sin depender del operario, con alta eficiencia en el curso de las acciones y trazabilidad de los procesos. Esto se logró mediante el uso de un chip y con la ayuda de un sistema de lectura. Así, **"un fardo, por ejemplo, puede proporcionar información**

**"CONOCER CUÁL ES EL GRADO DE VARIABILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS PARA TOMAR DECISIONES DE MANEJO".
(JUAN PABLO VÉLEZ)**



acerca de su procedencia –no sólo la zona, sino las coordenadas que permiten establecer exactamente de dónde salió–, el día en que se armó y su contenido de humedad”, indicó Vélez.

El primer paso de la AP es “conocer cuál es el grado de variabilidad en el rendimiento de los cultivos para tomar decisiones de manejo que impacten en términos de beneficio económico”, destacó Vélez. Por ejemplo, al ahorrar insumos en las zonas del campo donde la productividad está limitada por algún factor –áreas de suelos salinos o degradados por erosión– y potenciar aquellas donde es mayor, con incremento del uso de fertilizantes o densidad de semillas.

Sin embargo, lo más revolucionario para el campo vendrá de la mano de la electrónica, el software, las comunicaciones, la conectividad y la robotización a partir del desarrollo y aplicación de sensores capaces de identificar objetos, plantas, estado de humedad y nutrición del suelo; variables climáticas como humedad relativa, temperatura, velocidad del viento, lluvia, evapotranspiración actual y potencial; capacidad para escanear granos y detectar daño mecánico, impurezas, contenido de aceite y proteína sobre una cosechadora; sensores que detectan hormonas que guían cosechadoras para sólo recoger la fruta madura, sensores de insectos en grano almacenados, satélites y nanosatélites de alta resolución espacial y temporal.

“Todos estos sensores ayudarán a recoger datos que se analizarán en software instalados en las máquinas o en la nube (*big data*)”, indicó Vélez, quien advirtió que “la máquina podrá, en tiempo real, transformar esos datos en información agronómica



útil para modificar su comportamiento en fracciones de segundo a escala de cada metro cuadrado”.

Una nueva agricultura

Disciplinas como **agrobótica y mecatrónica son como brújulas** que marcan el norte en una institución dedicada al agro y demuestra que el organismo puede trabajar en robótica aplicada al sector agroindustrial.

De hecho, un documento titulado *Agrobótica* –escrito por Marcelo Bosch, coordinador de Observación y Promoción de Áreas Emergentes y Transversales del INTA– analiza el uso cada vez más cotidiano de la tecnología en el campo agropecuario. “Muy pocos piensan cuánto software y electrónica hay embebida en una sembradora de precisión o en una estación meteorológica automática. El foco de atención se lo lleva el principal portador, la máquina”.

La robótica en el mundo “se desarrolló principalmente al servicio de la automatización de las industrias avanzadas, en especial la automotriz y la aeroespacial, pero en la actualidad ocupa espacios en casi todos los rubros de la actividad económica”, apuntó Bosch y replicó: “Los avances en tecnologías de sensores, materiales, micro y optoelectrónica, inteligencia artificial, servomecanismos, posicionamiento satelital y telecomunicaciones han producido una inmensa cantidad de tecnologías, métodos, dispositivos

y experiencias suficientes como para resolver cada vez más problemas en menos tiempo, con más precisión, seguridad y con menos utilización de recursos y daño ambiental”.

Para escalas pequeñas, robots como Inau –voz que en mapuche significa encuentro–, desarrollado por el equipo de robótica e inteligencia artificial del INTA Anguil –La Pampa–, hoy es capaz de desplazarse por el invernadero, diseñar sus actividades, hacer mapas 3D, aplicar fitosanitarios y fertilizar; pero pronto podrá cosechar, cortar y podar, entre otras actividades. Su autonomía le permite eludir obstáculos, transportar insumos y, además, medir humedad, temperatura y radiación.

Ricardo Garro, coordinador del laboratorio de robótica –que funciona en el INTA Anguil desde el 2010–, señaló

**“MUY POCOS PIENSAN CUÁNTO SOFTWARE Y ELECTRÓNICA HAY EMBEBIDA EN UNA SEMBRADORA DE PRECISIÓN O EN UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA”.
(MARCELO BOSCH)**

UN ROBOT PARA ORDEÑAR A LAS VACAS

El INTA Rafaela –Santa Fe– instaló el primer tambo robotizado del país y el primero de Latinoamérica, vinculado a una institución de investigación. La unidad ordeña 40 vacas en un sistema pastoril intensificado con tres sectores de alimentación: dos de pastoreo directo y uno donde se distribuirá una dieta TMR –ración totalmente mezclada–.

Miguel Taverna, referente en lechería de esa unidad del INTA, explicó que el sistema tiene la tecnología conocida internacionalmente de “ordeño voluntario” (VMS, por sus siglas en inglés), la que incluye el uso de la robótica, la teleinformática y tecnologías de precisión.

El componente central de esta tecnología es “un robot que realiza las prácticas de rutina, ordeña las vacas en forma automática, mide la producción, detecta problemas de mastitis y suministra alimentos”, expresó Taverna, quien además afirmó: “El desafío es lograr una alta frecuencia de ordeño, de dos a tres veces por día y de forma voluntaria”.

El uso de incentivos, como diferentes sectores de pastoreo, suministro de TMR, concentrado, confort en determinadas horas y agua hace que las vacas se movilicen solas entre los tres sectores del tambo. “Dentro de esas trayectorias pasan por puertas inteligentes y, en función de la decisión técnica, son derivadas al ordeño o a la zona de pastoreo y suministro de raciones”, detalló el referente del INTA.

Si son ordeñadas, un robot realiza todos los trabajos de la rutina: lavado de pezones, colocación de pezoneras, retiro y desinfección. Además, mide parámetros como producción, calidad y salud. Todos los datos son guardados, procesados y analizados para la gestión y toma de decisiones.

“Esta tecnología no reemplaza a la gente, sino que modifica favorablemente las condiciones de trabajo”, aseguró Taverna. El trabajo de las personas es “imprescindible para el buen funcionamiento del sistema pero, gracias al uso de la tecnología, el operario puede advertir, mediante el uso de un celular o computadora personal, si existe algún problema, el tipo y nivel de gravedad”.

Si bien la robótica aplicada al ordeño cuenta con más de 20 años de desarrollo y actualmente es adoptada por 30.000 tambos comerciales, Taverna señaló que “además de la dimensión productiva, la incorporación de innovaciones a los procesos del agro resulta valiosa para atraer la participación de los jóvenes”.

Este proyecto de investigación se lleva a cabo a partir de un convenio de vinculación tecnológica firmado entre el INTA y la empresa DeLaval S.A. y, además, cuenta con el apoyo de la Cooperadora de esa unidad del INTA.

que “uno de los desafíos más grandes con los que nos enfrentamos cuando encaramos este tipo de proyectos, tiene que ver con **la accesibilidad y el manejo**; es decir, que a **un productor no le resulte difícil programarlo para las tareas que necesite**”, indicó.

Inau es totalmente autónomo y se adapta a diseños de invernáculos para trabajar con cada planta. Las identifica, determina qué tipo de cultivo y decide la aplicación de las dosis de fertilizantes, por ejemplo, de acuerdo a la necesidad de cada ejemplar. El robot puede ir una y otra vez al lugar

asignado y recordar lo que hizo; una función fundamental para la toma de decisiones.

A fines de 2015, Garro y su equipo comenzaron las primeras pruebas de otra plataforma multipropósito: R4INTA. “El desafío ahora, es **avanzar sobre la visión artificial y, fundamentalmente, la comunicación entre diferentes dispositivos interconectados**”, expresó el coordinador del laboratorio de robótica del INTA Anguil.

De acuerdo con Garro, “para obtener respuestas más integrales a las

**“TENEMOS QUE
PENSAR SISTEMAS
COMPLEJOS DONDE
EL ROBOT NO SEA
EL CENTRO,
SINO PARTE
DEL CONJUNTO”.**
(RICARDO GARRO)

problemáticas, tenemos que pensar sistemas complejos donde el robot no sea el centro, sino parte del conjunto”. En este sentido, aseguró que “la mirada holística, integradora, tiene que exceder a cualquier desarrollo único para hacerlo actuar en sistemas complejos, como *data loggers*, sensores externos, estaciones meteorológicas e, incluso, otros robots”.

El documento escrito por Bosch reflexiona sobre todas las disciplinas que participan para que un robot autónomo funcione. Ese tipo de dispositivos “**presenta un altísimo grado de**

integración tecnológica y de conocimiento científico de base”.

En la búsqueda permanente de mayor competitividad en el campo, el Instituto de Ingeniería Rural (IIR) del INTA desde el 2004 cuenta con un laboratorio de electrónica, cuyo principal objetivo es el desarrollo de nuevas tecnologías demandadas por el sector agroindustrial.

Andrés Moltoni, responsable de ese laboratorio del INTA, señaló que “una de las políticas del IIR es **generar procesos, productos y herramientas que beneficien directamente al productor**”. Así surgió el robot Trakūr -significa niebla en Mapuche-, un sistema autónomo, equipado con inteligencia artificial diseñado para cultivos bajo cobertura.

“En los invernáculos existe un ambiente controlado y las aplicaciones requieren dispositivos de bajo costo que permitan su rápida difusión y adopción”, explicó Moltoni y agregó: “Esta tecnología está destinada a proteger la salud del operario mediante la reducción de su exposición a las aplicaciones de fitosanitarios en espacios confinados, el operario supervisa al robot desde el exterior del invernáculo y no es necesario que ingrese al mismo”.

Moltoni reflexionó acerca de que **“la electrónica en el agro cobra cada vez más relevancia en los equipos de mecanización agropecuaria y, desde el INTA priorizamos esta temática en línea con las tendencias mundiales”**, afirmó y añadió: **“Todo proceso de innovación lleva en sí mismo un alto grado de incertidumbre y riesgo que, en muchos casos, el sector privado no está dispuesto a correr y es allí donde la investigación del sector público es fundamental como puntapié inicial”.**

Disciplinas aplicadas

Labores como determinar el rendimiento de un cultivo, el estado sanitario y nutricional, cuándo necesita agua o está listo para cosechar son las tareas básicas que cumple casi cualquier máquina en el campo hoy, no solo para pequeñas extensiones, sino también se usan para el análisis, seguimiento y monitoreo de grandes extensiones de tierra.

UN SISTEMA ADVIERTE CUÁNDO ES NECESARIO REGAR

Ahora, saber cuándo una planta necesita agua para maximizar su producción es posible gracias al trabajo de técnicos del INTA San Juan, quienes desarrollaron un sistema online que monitorea el estado del cultivo y optimiza el uso del agua y de los fertilizantes.

“Se trata de una multiplataforma que optimiza y racionaliza las actividades dentro de la finca, lo que implica, en algunos casos, reducir el uso de agua hasta un 40 por ciento y ahorrar hasta un 30 por ciento de fertilizantes”, expresó Facundo Vita Serman, investigador en riego en frutales del INTA San Juan, quien señaló que en la región Cuyo el agua es “un bien escaso y, por eso, trabajamos para hacer un uso eficiente”.

El sistema de riego preciso incluye una serie de dispositivos electrónicos (sensores, válvulas, bombas, equipos de control automático, equipos de comunicación) que registran la información relacionada a las distintas mediciones y las variables del cultivo, de la meteorología, y del sistema de riego.

Así, se logra mejorar “la calidad de los frutos y la cantidad de la cosecha ya que el aporte del agua y fertilizantes se realiza en función de la demanda del cultivo”, indicó Vita Serman, al tiempo que especificó: “Se riega solo cuando la planta lo necesita”.

Poder registrar cada operación aporta a lograr la trazabilidad y documentar la huella hídrica de la plantación, “lo que facilita el proceso de exportación de los productos”, aseguró. Toda la información de la finca se integra en una base de datos y se presenta, mediante un software, en una pantalla ordenada adecuadamente, tanto espacial como temporalmente.



Actualmente los drones aparecen en escena con un rol protagónico. En la práctica, algunas tecnologías alcanzan una rápida integración para determinados enfoques productivos aunque se piensa en que las dinámicas tecnológicas orientadas permiten una mayor adaptación al comprender mejor las dimensiones y los campos de aplicación agroindustrial-biológico-ambiental.

En este orden, los avances en ciencia y tecnología en las últimas décadas hizo que hoy sea posible contar con imágenes instantáneas, de calidad y a muy bajo costo a bordo de drones equipados con GPS.

Andrés Méndez —especialista y consultor privado en agricultura de precisión—, aseguró que es invaluable contar con ese tipo de información en tiempo real para tomar decisiones. **“Vamos hacia el análisis de la microvariabilidad del terreno**, es decir, al análisis del lote metro por metro”, señaló, y anticipó que “la agricultura del futuro estará apoyada en el automatismo y la robótica”.

Entre las ventajas de este tipo de dispositivos, Méndez detalló algunas: **“realizar un seguimiento de los cultivos a partir de imágenes multiespectrales que permita anticiparse a las plagas y enfermedades, sectorizar**

ambientes de malezas, detectar fallas de siembra o fertilización si las hubiese, estimar rindes, daños por heladas y pérdidas por granizo, el desplazamiento del ganado o bien un simple recorrido a campo cuando se dificulta el acceso a pie”.

Aunque muchas veces no seamos conscientes, los satélites revolucionaron el mundo de las comunicaciones y generan información vital para la vida cotidiana. Esto no solo nos facilitó hablar por teléfono, sino que generó un impacto sustancial en la aplicación que se hizo de esta herramienta en el campo. **La tecnología satelital ofrece una gama de productos útiles al agro, que permiten estimar variables con precisión.**

Más información:

Juan Pablo Vélez
velez.juanpablo@inta.gob.ar
Marcelo Bosch
bosch.marcelo@inta.gob.ar
Ricardo Garro
garro.ricardo@inta.gob.ar
Andrés Moltoni
moltoni.andres@inta.gob.ar
Andrés Méndez
andresmendez74@hotmail.com
Miguel Taverna
taverna.miguel@inta.gob.ar
Facundo Vita Serman
vita.facundo@inta.gob.ar



“ESTA TECNOLOGÍA ESTÁ DESTINADA A PROTEGER LA SALUD DEL OPERARIO MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE SU EXPOSICIÓN A LAS APLICACIONES DE FITOSANITARIOS”.
(ANDRÉS MOLTONI)