



Caracterización vegetal de alto rendimiento:

NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA GENERAR TRIGOS TOLERANTES A LA SEQUÍA Y/O EFICIENTES EN EL USO DEL AGUA



► **Dalma Castillo R.**
Ingeniera Agrónoma, Ph.D.
Investigadora Programa de Mejoramiento Genético de Trigo
INIA Quilamapu
dalma.castillo@inia.cl



► **Iván Matus T.**
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
Investigador Programa de Mejoramiento Genético de Trigo
INIA Quilamapu
imatus@inia.cl

De acuerdo al Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), esta variación en el estado del sistema climático terrestre está afectando la seguridad alimentaria en la agricultura, al manifestarse en el aumento de las temperaturas y cambios en los patrones de lluvias, entre otros aspectos. En efecto, durante los últimos 13 años se ha presentado una mega sequía donde el déficit de precipitaciones anual ha oscilado entre el 25 y 30 % en gran parte de Chile central, provocando una compleja "crisis hídrica" que ha afectado el abastecimiento de agua tanto para la población como para los cultivos. Dado lo anterior, resulta prioritario adaptar el sistema agrícola a este nuevo escenario, para mejorar la productividad de los cultivos y hacer dicho sistema más resiliente al cambio climático, consolidando así, la seguridad alimentaria de nuestro país.

La forma más estable y segura de lograr este objetivo es el mejoramiento genético, disciplina que combina y aplica conocimientos de genética y fisiología, entre otros, para identificar características de interés en ciertos individuos e incorporarlas mediante cruza-mientos a otros. Entre estas características de interés podemos mencionar aquellas que potencian la capacidad de las plantas para tolerar condiciones ambientales adversas, como la falta de agua y las altas temperaturas, sin afectar su productividad ni calidad.

El éxito de este trabajo depende de la precisión, caracterización fenotípica y selección. Por ello, el mayor desafío de los programas de mejoramiento genético es caracterizar y medir cientos de genotipos en condiciones de campo y en múltiples ambientes, considerando los recursos y tiempo limitados para hacer mediciones y, a la vez, obtener datos de alta calidad, analizarlos y aplicar la información en el proceso de selección.



Programa de Mejoramiento Genético de Trigo de INIA Quilamapu, en Chillán.





. Vista a través del dron con cámara multispectral de ensayos de trigo.



Dron con cámara hiperespectral de alta resolución.

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA

La caracterización fenotípica corresponde al registro y análisis de las características de una planta, conformada tanto por su información genética (genotipo) como por el comportamiento que desarrolla en el ambiente al que se expone. Así, el fenotipado en condiciones de campo considera la observación de las hojas, la canopia, los aspectos agronómicos y de calidad del grano que producen, y que pueden ayudar a identificar y seleccionar

genotipos mejor adaptados a ambientes en particular, como aquellos de déficit hídrico extremo.

La recopilación e integración de esta información en tiempo (curva de crecimiento y firma espectral del cultivo) y espacio (a nivel de altura de canopia) da una idea de la eficiencia del cultivo en el uso del agua y de nutrientes, entre otros. En este punto, el Fenotipado de Alto Rendimiento se transforma

en una alternativa para incrementar la presión de selección, mejorar su precisión y la toma de decisiones.

Sobre esta base, a partir del año 2006, el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo (PMG) de INIA Quilamapu y la Facultad de Agronomía de la Universidad de Talca iniciaron los primeros trabajos de tolerancia a la sequía en cereales. En 2010, el PMG de Trigo se adjudicó un proyecto financiado por el

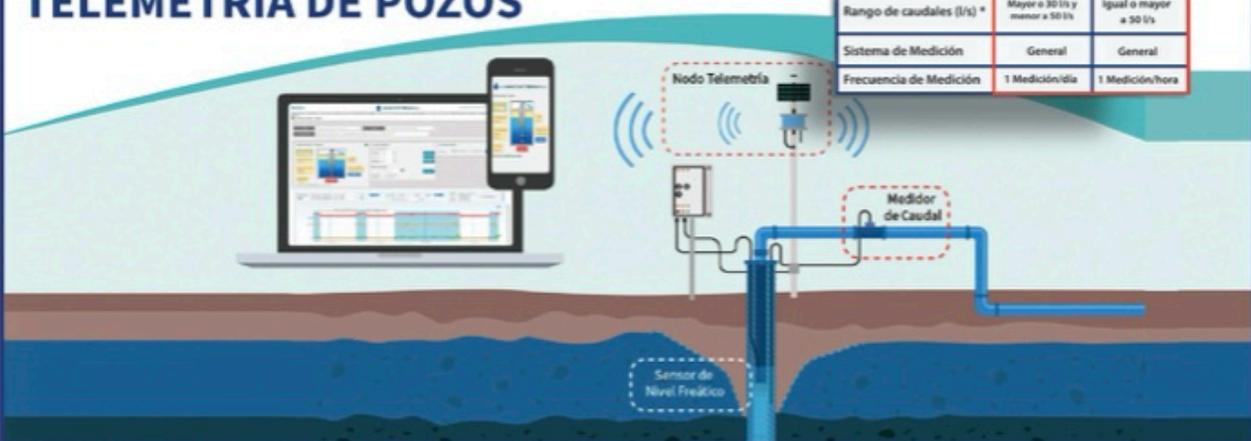


UNA EMPRESA DE:



¿Ya regularizó su pozo?
NUEVA NORMATIVA 1238 DE LA DGA.
TELEMETRÍA DE POZOS

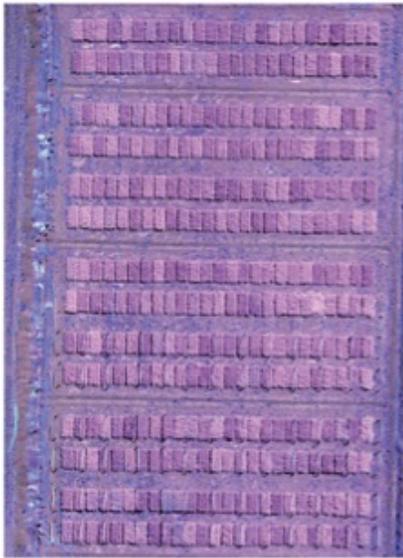
Componente	Nivel de exigencia	
	Estándar Medio	Estándar Mayor
Rango de caudales (l/s) *	Mayor a 30 l/s y menor a 50 l/s	Igual o mayor a 50 l/s
Sistema de Medición	General	General
Frecuencia de Medición	1 Medición/día	1 Medición/hora



Santiago Valdes
 svaldes@tattersall.cl · +569 42869597

SÍGANOS EN:

 hidrotattersall_
  Hidrotattersall S.A.



Ortomosaico multispectral utilizado en el proceso de selección de genotipos de trigo.

Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), en el que interactúan la Universidad de Talca, INIA Uruguay y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo de México (CIMMYT). En la ejecución de este proyecto se analizó el genotipo y fenotipo de 384 líneas de trigo harinero de distintos orígenes y bajo condiciones de estrés hídrico, durante dos temporadas. Se identificaron líneas de trigo derivadas de cruzamientos realizados por INIA Quilamapu, que resultaron ser altamente tolerantes a la falta de agua durante el periodo de llenado de grano, etapa

muy sensible a este tipo de estrés, por ser la fase en la que se define el rendimiento final del cultivo. Estas líneas seleccionadas continuaron el proceso de registro y control por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), para dar origen a una nueva variedad, que estará a disposición de los agricultores en breve plazo. Este trabajo, además, permitió caracterizar e identificar a la variedad de trigo Pantera-INIA, una de las más utilizadas entre las regiones Metropolitana y de Los Lagos, por su alta tolerancia a la falta de agua.

Así, el trabajo conjunto entre el PMG de Trigo de INIA Quilamapu y la Universidad de Talca se fue consolidando. Del mismo modo, y gracias a iniciativas financiadas por los fondos Fondecyt, Fondef y Fondecip, entre otras, se ha podido continuar esta línea de investigación y profundizar en el comportamiento de las plantas de trigo bajo condiciones de estrés hídrico, entendiendo la serie de regulaciones fisiológicas que realiza la planta, como respuesta al ambiente en el cual se desarrolla.

Bajo esta dinámica fue posible definir un set de genotipos de trigos harineros, altamente tolerantes a condiciones de estrés hídrico, como la línea candidata a variedad QUP 2418-2007 que destaca por su plasticidad o capacidad de responder (aumentar su rendimiento) cuando hay disponibilidad de agua, pudiendo incrementarse hasta en un 42 %. Esto se complementó con

un estudio realizado por investigadores de INIA Carillanca en Temuco, el que determinó que QUP 2418-2007 es un genotipo altamente eficiente en el uso del fósforo y en el uso del agua.

Al analizar la genealogía de esta línea, se advierte un pariente silvestre del trigo, *Aegilops tauschii* o *Aegilops squarrosa*, especie de trigo diploide (DD), que siguiendo la estrategia de mejoramiento CIMMYT, al ser cruzado con un trigo duro o candeal (*Triticum durum*) tetraploide (AABB), da origen a los denominados trigos sintéticos. Estos tienen la misma constitución genética que el trigo harinero (*Triticum aestivum*), es decir hexaploides (AABBDD), transfiriendo así nuevos genes que hacen a las nuevas generaciones de trigos harineros más resilientes a ambientes adversos.

Lo anterior es un ejemplo concreto de cómo integrar metodologías de alta resolución como HTTP, al mejoramiento natural convencional que realiza INIA, transformándose en una herramienta de apoyo en el proceso de selección. A pesar de que hoy existen marcadores moleculares de alta calidad y precisión, es muy difícil realizar caracterizaciones fenotípicas de caracteres complejos, vale decir, de aquellos que son resultado de la expresión de muchos genes.

A través del fenotipado de características fisiológicas, como el contenido de carbohidratos de tallos, contenido relativo de



agua, área foliar específica, temperatura de dosel, contenido de clorofila, reflectancia espectral, radiación interceptada, entre otras, y características agronómicas como rendimiento, cantidad de granos por espiga, índice de cosecha, peso del grano, etc., se pudo seleccionar aquellos genotipos con mejor comportamiento al estrés hídrico.

PROGRAMA ANILLO

Muy importante para el PMG de Trigo de INIA Quilamapu ha sido formar parte del proyecto anillo denominado "High-throughput field phenotyping to accelerate crop breeding and adaptation to drought-prone environments (AT220001)" o "Fenotipado de campo de alto rendimiento para acelerar el mejoramiento de cultivos y la adaptación a ambientes de sequía extrema", integrado por un equipo multidisciplinario perteneciente al Centro de Fenómica de la Universidad de Talca y que también integran Genética Vegetal de la Universidad de la Frontera, el Grupo de Ecofisiología de la Universidad de Barcelona (España), el CIMMYT (México), el Instituto de Agrobiotecnología-IDAB-CSIC (España) y la Universidad de California Davis (Estado Unidos). Gracias al financiamiento otorgado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID), será posible trabajar en el desarrollo de una plataforma de fenotipado de campo de alto rendimiento, combinando datos para identificar genotipos con una mejor adap-

tación a ambientes propensos a la sequía y características de calidad del grano, lo que permitirá impulsar los programas de mejoramiento genético. Adicionalmente, se asociarán marcadores moleculares con genes que ayuden a los cultivos a mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la capacidad predictiva del mejoramiento asistido por marcadores.

Esto permitirá trabajar con tres cultivos importantes para INIA como el trigo harinero (*Triticum aestivum* L.; Poaceae), el trigo duro o candeal (*Triticum durum* L.; Poaceae) y la quinua o quínoa (*Chenopodium quinoa* Wild., Amaranthaceae). El trigo harinero es el cultivo más importante en términos de área de cultivo y seguridad alimentaria, mientras que el trigo candeal es cada vez más demandado por la industria de pastas en Chile. La quinua es considerada un superalimento por sus beneficios nutricionales y presenta gran tolerancia al estrés abiótico.

En el marco de este programa estudiaremos paneles genéticamente diversos de trigo harinero, candeal y quínoa, en condiciones de secano y riego, durante dos temporadas de cultivo. Realizaremos el fenotipado de campo, utilizando tecnologías de detección remota aérea, mediante drones que portan cámaras RGB, multispectrales y térmicas, para el estudio de rasgos a nivel del dosel del cultivo, y dispositivos

terrestres como el sensor de florescencia de clorofila, fluorescencia para evaluar la actividad fotosintética y reflectancia hiperespectral para la determinación de rasgos de hojas y de calidad de granos. Para la disección genética de los rasgos cuantitativos relevantes, utilizaremos el chip de polimorfismos de nucleótido único (SNP) de alta densidad para el trigo de pan y candeal, y el genotipado por secuenciación (GBS) en quínoa, para realizar estudios de asociación del genoma completo (GWAS) y estudios de selección genómica (GS).

Para traspasar la información a la sociedad, el Programa Anillo implementará una plataforma de divulgación que constará de tres partes: 1) extensión a estudiantes (secundarios, de pregrado y posgrado), sector privado, funcionarios gubernamentales y agricultores, a través de conferencias, seminarios y talleres; 2) difusión de los resultados a través de redes sociales y un sitio web; y 3) organización de días de campo donde se darán a conocer las características y el rendimiento de los cultivares en condiciones de campo.

En este nuevo escenario colaborativo internacional, el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo de INIA Quilamapu pasa a la vanguardia en investigaciones de campo aplicadas al mejoramiento de trigo para Chile, contribuyendo de manera importante a la seguridad alimentaria del país.



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
TEMUCO

FACULTAD DE
RECURSOS NATURALES

NUESTRAS CARRERAS

► En el cuidado de la casa común

SOMOS PARTE DE LA SOLUCIÓN

BECAS Y CRÉDITOS:



SÍGUENOS:



recursosnaturales.uct

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y ACUÍCOLAS

• **Agronomía**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
VETERINARIAS Y SALUD PÚBLICA

• **Medicina Veterinaria**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
AMBIENTALES

• **Ingeniería en Recursos Naturales Renovables**
• **Ingeniería en Recursos Hídricos**
• **Ingeniería en Planificación Territorial**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS



39