PROYECTO REGIONAL TRIGO

Principales logros y avances

Convenio de cooperación entre:

INIA URUGUAY

CIMMYT International Maize and Wheat Improvement Center

PROCISUR Argentina Bolivia Brasil Chile Paraguay Uruguay IICA

INIA Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

PROYECTO REGIONAL TRIGO

Principales logros y avances

Instituciones ejecutoras:

Convenio de cooperación entre:

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2010
El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en www.iica.int y www.procisur.org.uy

Coordinación editorial: Roberto Díaz Rossello
Diagramado: Esteban Grille
Diseño de portada: Esteban Grille
Impresión: Imprenta Boscana

Proyecto Regional Trigo: principales logros y avances / IICA – PROCISUR Montevideo Uruguay, 2010.

48 p.; 18,7 cm. X 26,5 cm.

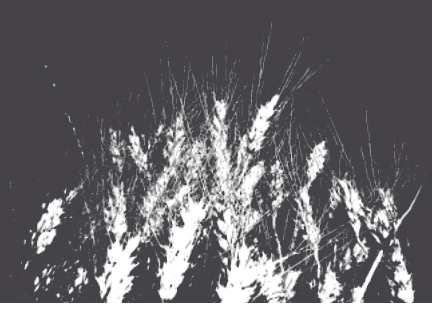
ISBN13: 978-92-9248-263-3

1. Cooperación internacional 2. Asistencia técnica 3. Trigo 4. Métodos de mejoramiento genético 5. Control de enfermedades 6. Tecnología 7. Investigación agraria I. IICA II. Título

AGRIS	DEWEY
F30	633.11

Montevideo, Uruguay - 2010

CONTENIDO



Presentación 5

Equipo Técnico responsable de la edición 7

1. Antecedentes 11

2. *Fusarium* 15

3. Manchas Foliares 21

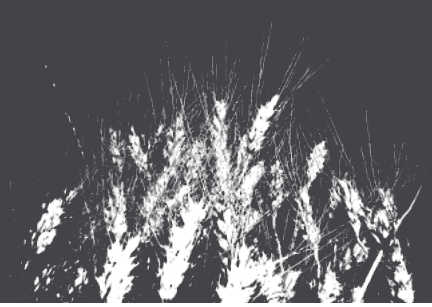
4. Calidad de trigo 27

5. *Pyricularia* 33

6. Royas 39

7. Recursos genéticos 45

PRESENTACIÓN



Esta publicación recoge los principales resultados del Proyecto Regional Trigo, ejecutado en los países del Cono Sur mediante el esfuerzo conjunto de los institutos integrantes de PROCISUR, el CIMMYT e INIA España bajo la modalidad de un Consorcio Internacional.

La preocupación por la cooperación en mejoramiento genético del trigo en la región promovió esta nueva modalidad de cooperación. En el presente contexto internacional este Programa Cooperativo de los INIAs constituye una excelente plataforma para facilitar la articulación de la investigación agrícola regional con los Centros Internacionales.

Las fuerzas que movilizaron esta iniciativa se basan en que la región vive un proceso de dinamización de la integración política, económica y social mediante el MERCOSUR ampliado, donde la integración tecnológica agrícola es uno de los desafíos más prometedores. Por otra parte, la producción de trigo regional que representa el 8% de la producción de los países constituye un elemento crucial de los sistemas de rotación jugando un rol estratégico en la sustentabilidad del crecimiento agrícola especialmente en los sistemas de siembra directa.

El liderazgo de la región en las tecnologías de agricultura conservacionista orientó los objetivos de este proyecto para consolidar una red de recursos genéticos adecuada a las nuevas demandas del trigo en siembra directa y en nuevos sistemas de producción integrada.

El proyecto contribuyó sustantivamente con conocimientos y tecnologías para asegurar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas de la región desarrollando capacidades en metodologías modernas de mejoramiento genético vinculadas a la biotecnología, la fitopatología y agronomía de cultivos.

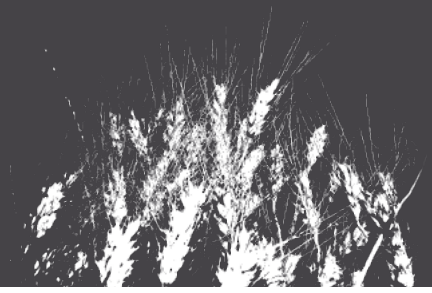
En ese contexto, PROCISUR hace un nuevo aporte a la región con la publicación “Proyecto Regional Trigo, Principales Logros y Avances”, demostrando que cuando se logra una mayor integración tecnológica en la región y además se vincula con organizaciones internacionales como CYMMYT e INIA de España los resultados son altamente favorables para todos los países y con capacidad de derrame a otras regiones del mundo.

El proyecto continúa beneficiando a la región mediante su contribución a la Red de Recursos Genéticos del Cono Sur – (REGENSUR) en la que participan y se articulan los principales actores e instituciones vinculadas a la conservación y utilización del material genético, constituyendo un capital de alto valor para el presente y futuro del desarrollo agrícola.

En nombre de las instituciones que propiciamos este emprendimiento esperamos que esta publicación sea de utilidad y estimule nuevas iniciativas en el campo del mejoramiento genético cooperativo, lo cual posiblemente constituya la forma más efectiva para desarrollar trabajos en recursos genéticos, aprovechando los mecanismos que ofrece PROCISUR para articular la integración tecnológica en nuestra región.

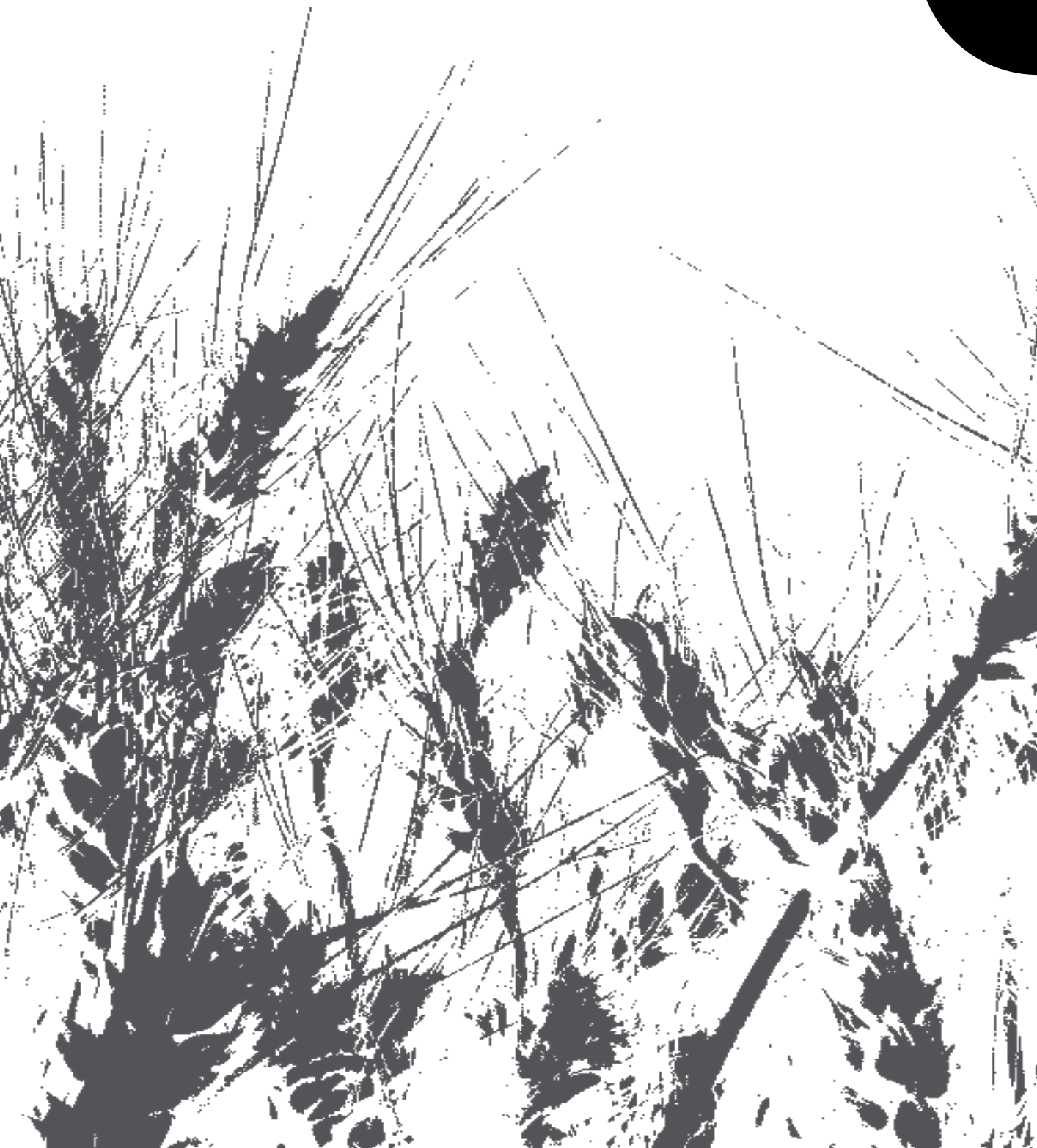
Emilio Ruz
Secretario Ejecutivo
PROCISUR

EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE DE LA EDICIÓN

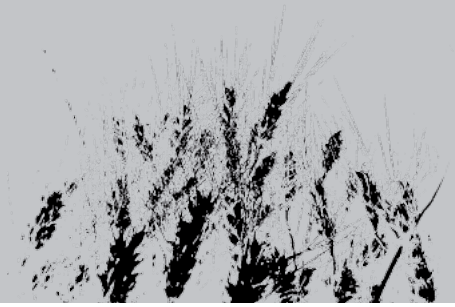


General:	Roberto Díaz Rossello
Capítulo Royas:	Silvia Germán
Capítulo Calidad:	Daniel Vázquez
Capítulo Recursos Genéticos:	Federico Condon
Capítulo Enfermedades Foliares:	Juan Annone
Capítulo *Pyricularia*:	João Maciel
Capítulo *Fusarium*:	Martha Díaz

ANTECEDENTES 1



1. ANTECEDENTES



La región del Cono Sur cuenta con la mayor reserva planetaria actual de suelos cultivables que permitiría expandir la frontera agrícola en potencialmente 200 millones de hectáreas.

Con el cambio de siglo las demandas alimentarias impulsaron un crecimiento sin precedentes en la agricultura de granos movilizando principalmente al cultivo de soja como gran movilizador de la frontera agrícola. Sin embargo el cultivo de trigo no acompaña ese crecimiento capitalizando oportunidades agronómicas, ambientales y alimentarias.

La inserción del trigo en esos nuevos agroecosistemas enfrenta diversas restricciones. Algunas provienen directamente de la reciente reconversión tecnológica del trigo sembrado en sistemas de Siembra Directa (SD) que, aunque realizó una gran contribución a la reducción de la degradación de suelo, genera nuevas condiciones sanitarias por la permanencia de los rastrojos en superficie que modifican la epidemiología y prevalencia de diversas enfermedades. Asimismo, la nueva frontera agrícola viene siendo abierta por el cultivo de soja en sistemas de SD y evidencia grandes amenazas a la sustentabilidad productiva, dado lo exiguo de sus residuos para contribuir a la protección de suelos frágiles a la erosión y al contenido de materia orgánica del suelo. El trigo en las regiones más templadas complementa el ciclo con la soja en sistemas de doble cultivo y cumple un rol clave en la sustentabilidad económica y ambiental por su producción y por su contribución a la cobertura del suelo, al balance de carbono y la economía de costos. Sin embargo, no acompaña debidamente la expansión sojera en ambientes más cálidos.

La región tiene una larguísima tradición de cooperación en el intercambio y caracterización del material genético de trigo que se remonta en algunos casos a los propios programas públicos que se iniciaron en las primeras décadas del siglo pasado. Ese fructífero intercambio se vio muy impulsado a partir de fines de la década del sesenta con la actuación regional del CIMMYT.

Ante la suspensión de la sede regional del CIMMYT que coordinaba e impulsaba el intercambio de material genético, el Proyecto Regional de Recursos Genéticos de Trigo que aquí se reporta priorizó cinco problemáticas que se consideraron cruciales para enfrentar los desafíos del nuevo escenario tecnológico, ambiental y agroexportador.

Esas temáticas se abordaron en Módulos de Trabajo por equipos de especialistas de diversos países y regiones. Dos de ellas responden al desafío de enfermedades que progresaron en la tecnología de SD: el golpe blanco o Fusarium de la espiga y las Manchas Foliares. Una tercera enfermedad, el Brusone o Pyricularia progresa aceleradamente en las regiones más cálidas de Brasil Paraguay y Bolivia y ha conducido a la desaparición del cultivo en algunas subregiones.

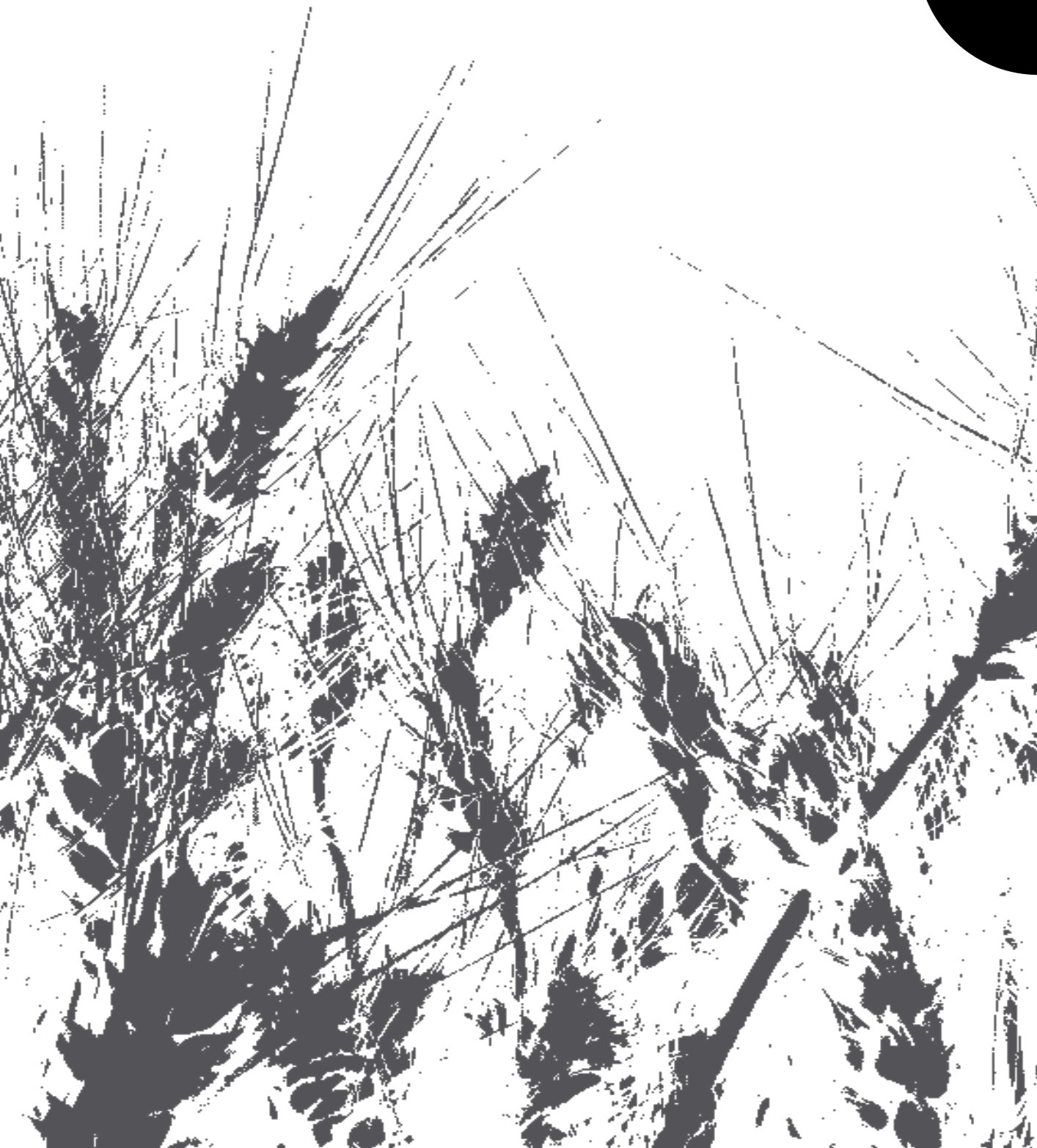
Las otras dos temáticas que se priorizaron fueron: las royas por su prevalencia en esta región donde su virulencia se destaca en relación al resto del mundo y la calidad del trigo ya que es una región agroexportadora y los factores sanitarios (en particular *Fusarium*) y ambientales interactúan fuertemente con el logro de altos estándares de calidad.

Por último se estableció un modulo de recursos genéticos para coordinar y caracterizar los materiales intercambiados.

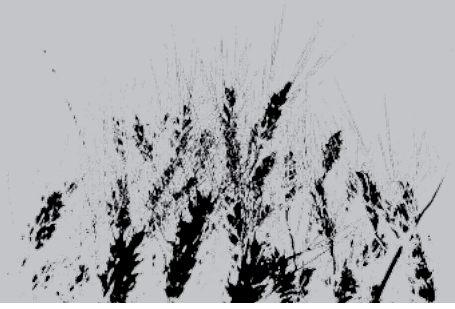
Los principales resultados alcanzados se resumen con la misma estructura de los módulos de trabajo y se citan las publicaciones más relevantes que tienen origen en esta actividad científica.

Los informes "in extenso" se encuentran disponibles en PROCISUR on Line http://www.procisur.org.uy/online/proyectos_trigo.asp

Roberto Díaz Rossello
Coordinador Técnico del Proyecto



2. *FUSARIUM*



Las actividades del Módulo Fusariosis de la espiga, tienen como antecedente inmediato y relevante al Proyecto Regional de FONTAGRO "Desarrollo de tecnologías para el manejo integrado de la fusariosis de la espiga de trigo" 2000/2002. En dicho Proyecto se identificaron fuentes de resistencia estables a la fusariosis para el Cono Sur, pero no se pudo asociar esto con la producción de toxina deoxinivalenol (DON), ni profundizar en la diversidad de la población del patógeno. De modo que en este nuevo proyecto se retomaron los temas no investigados y fueron sus principales objetivos.

Si bien en aquel entonces, por problema de adquisición de equipos, capacitación etc. no se obtuvo mucha información sobre la toxina, ahora por aspectos cuarentenarios se vio reducido el volumen de datos a analizar. A su vez durante los años de ejecución del Proyecto 2005/2008 no se presentaron naturalmente epidemias de fusariosis de la espiga en trigo en el Cono Sur de América Latina.

Materiales con resistencia a *Fusarium* y baja toxina

Dentro de la actividad orientada a la confirmación de la estabilidad de las líneas y cultivares resistentes y la evaluación de toxina (DON) producida, el vivero bajo condiciones naturales de infección, se instaló en Paraguay, México y Uruguay (en Young y La Estanzuela). En Brasil no pudo sacar el vivero de la cuarentena y en Argentina no hubo fusariosis de la espiga. Las mejores entradas con baja lectura de campo (% espigas afectadas por Fusarium), bajo % de grano afectado con Fusarium, bajo contenido de DON en El Batán y La Estanzuela fueron: E1-31 (45), Shangai (52), Shangai (53), NING 8331 (3), SHA3 /CBRD (48), PROINTA Granar (41), Shangai (51), NG8675 /CBRD (37), SODAT / SUM3 //NING820 /3 /NING8626 (55), SHA3 /CBRD (47), Recurrent Selection 1 (42), SHA3 /CBRD (49), E1-97 (46), LI 107 /YMI#6 (34), Catbird (14), V.SOL /NBOZU //PEL3101 / LR INTA (57), Ringo Sztar - Mini Mano (MM) /NB WW (146) (58), Sumai#3 (1), Catbird (10), BRS Tarumã (78), INIA Caburé (70), CEP 24 (17), Back Charrúa (8), BAU´S´ / CEP87103 //CEP14 (6), EPelon 90 / Suzhoe F3#8 (27), Catbird (15), Catbird (12).

Nuevas metodologías para análisis de toxinas eficientes y económicas

Dentro de la actividad de identificar una práctica más económica para evaluar DON, se comprobó que con las columnas de bajo costo se lograron obtener resultados similares a los obtenidos con la columna comercial Fluoroquant (®) cuando se analizan dentro del mismo equipo, fluorómetro o HPLC, y correlaciones altas cuando se hace la comparación entre los dos equipo para cada una de las columnas. Se observó en general para las mismas muestras valores ligeramente menores cuando se analizan por HPLC comparado con el análisis fluorómetrico. De acuerdo a los resultados observados, se puede decidir la utilización de las columnas de bajo costo al menos para la evaluación de un gran número de muestras para una selección preliminar y comprobar la precisión de la evaluación con el método comercial usando sólo aquellas muestras seleccionadas de mayor interés, porque ya se tendría el extracto y solo habría que hacer la purificación con columna y continuar el procedimiento.

Una ventaja más de las columnas de polipropileno de bajo costo es que se pueden lavar y volver a empacar reduciendo aun más los costos. En INIA La Estanzuela mediante la utilización de las columnas de bajo costo se lograron resultados similares a los obtenidos con la columna comercial, mientras que el costo de las primeras representa un 40% del costo del método comercial, costo algo superior al de México, pero igualmente inferior al comercial.

Fuentes de resistencia con adaptación regional

Dentro de la actividad de identificar y desarrollar fuentes de resistencia con adaptación regional bajo condiciones de campo semicontroladas frente a *Fusarium graminearum* (inoculación artificial) en Argentina se concluyó que:

Los 3 años de evaluación presentaron condiciones ambientales distintas observándose diferencias en los comportamientos de cada uno de los cultivares frente a la enfermedad.

Los dos momentos de evaluación aportaron mayor información sobre la resistencia permitiendo conocer que genotipos presentan mecanismos de resistencia a la infección inicial manteniendo bajos niveles de severidad hasta el final.

Se identificaron 3 niveles de resistencia a la enfermedad: cultivares resistentes (severidad final menor a 10%), cultivares moderadamente susceptibles (severidad final igual o menor a 30%) y un tercer grupo integrado por cultivares susceptibles (severidad igual o superior a 50%).

El 73% de los cultivares presentó resistencia a moderada resistencia a la enfermedad (severidad inferior al 30%) en tanto que el 27% restante se comportó como moderadamente susceptible a susceptible (severidad superior al 50%).

Se destacaron por su alto nivel de resistencia los cultivares: Frontana, BRS 577, Onix, Shangai (OSHG-8GH-OFGR-OFGR), Catbird. (.4PZ-O5OY-0E), Catbird.(.4M-OY-2SCM), INIA Tero, Recurrent Selection 5 (25CM-0Y-0SCM-0Y-020SCM), Sumai 3CBF y NG8675 /CBRD (CMSS92Y00639S-4-5SCM-OCHN-055Y-3SCM)

En Uruguay las entradas Furstox-45 y 46, E1-31 y E1-97 (Remus / CM-82036) fueron resistente a campo y con baja toxina en Paraguay, México, y Uruguay. Resistentes a la inoculación a campo bajo telado y aspersión y tienen resistencia tipo I y II inoculadas con pincel e inyección. Ambas entradas aparecen como resistente tipo I con severidad < de 10% en el informe de Argentina, también. Dada la interacción de la evaluación en distintas localidades, es muy probable que fuentes para Argentina, Paraguay y Uruguay no funcionen como tal para México.

En Uruguay las fuentes usadas fueron: Alsen, CEP 90103 y ORL 99192. Alsen tiene en su cruzas a Sumai#3 (China), CEP 90103 tiene a (RFN*2 //908 /FN /3 /MD /4 /KKZ /5 / BR23 /6 /CEP 8466) de Brasil y la de ORL 99192 tiene a Nyu Bay de Japón. Las cruzas entregadas al Programa de mejoramiento fueron:

ALSEN /7 /RFN*2 //908 /FN /3 /MD /4 /
KKZ /5 /BR23 /6 /CEP 8466(LACOS14-241)
(CGF0104-0LE-9LE-0LE-2LE-0LE-0LE),

ALSEN /7 /RFN*2 //908 /FN /3 /MD /4 /KKZ /5 /
BR23 /6 /CEP 8466(LACOS14-41)

(CGF0104-0LE-9LE-0LE-6LE-0LE-0LE),

I.TORCAZA /FRONTANA
(CGF0203-0LEV-6LE-0LE-6LE-0LE-0LE),

LE2294 /ORL99192
(CGF0205-0LEV-10LE-0LE-1LE-0LE-0LE)

LE2294 /ORL99192
(CGF0205-0LEV-17LE-0LE-9LE-0LE-0LE9

Resistencia y calidad panadera.

Otro problema difícil de resolver con esta enfermedad es que los genotipos resistentes generalmen-

te no tienen adecuada calidad industrial y panadera. Para lograr genotipos resistentes y de calidad mejorada se combinó resistencia a Fusariosis y calidad panadera a través de los siguientes progenitores resistentes y adaptados a la región: CEP 24, Buck Charrúa, Klein Cacique, Prointa Granar, INIA Churrinche, INIA Tero e ITAPUA 45. La F5, se seleccionó por resistencia a royas y fusariosis en El Batan - Toluca (BV09; MV09). Se multiplicaron en El Batan BV-09 para enviar a Uruguay. Envío de semilla (478 líneas) a INIA, LE: Sept./Oct, 2009.

Resistencia y desgrane

El desgrane como la mala calidad está muy relacionado a la resistencia, razón por la cual resistencia a fusariosis sin desgrane es muy difícil de encontrar. Del germoplasma probado bajo condiciones promotoras de desgrane resultaron resistentes: Sumai#3 (Testigo R a Fus, Funo x Taiwan Xioma), E1-31 (Remus / CM82036), E1-97 (Remus / CM82036), ND2710 (ND2603 /'Grandin), Alsen (ND674 //ND2710 (PI 633976) /ND688), Frontana, (Testigo R a Fus, FRTR /MTA), E4-25 (Frontana /Remus), F7-2005-468 (ICondor /Frontana), CEP 24 (BR 3 /CEP 7887 //CEP 7775 /CEP 11, VIRFET01-27 (CEP24 /EMBRAPA27), EPelón 90 / Suzhoe F3#8, Catbird DIF 1073(Chuan Mai #8 / BAU 4413), Catbird DIF1073 / 3 /I.Boyero //Cleo / INIA66, Nobeoka Bozu, Sagvari-NB /MN-Sumai#3 (183), F7-2005-759 (ICondor //Sagvari-NB /MN-Sumai#3 (183)).

Variabilidad patogénica en diferentes ambientes

En relación a la caracterización de la diversidad de la población de *Fusarium* en la región los datos indicaron una gran diversidad en la agresividad en planta de los aislamientos estudiados. Los aislamientos de Brasil fueron en promedio los más agresivos. Entre los aislamientos de Uruguay existió una gran diversidad de agresividad, tanto en términos de enfermedad total como severidad a los 14 dpi.

Los aislamientos se concentraron en dos grupos en donde los aislamientos provenientes de México y La Estanzuela se agruparon en uno de ellos. El aislamiento YG69 de Young (Uruguay) presentó una muy baja agresividad.

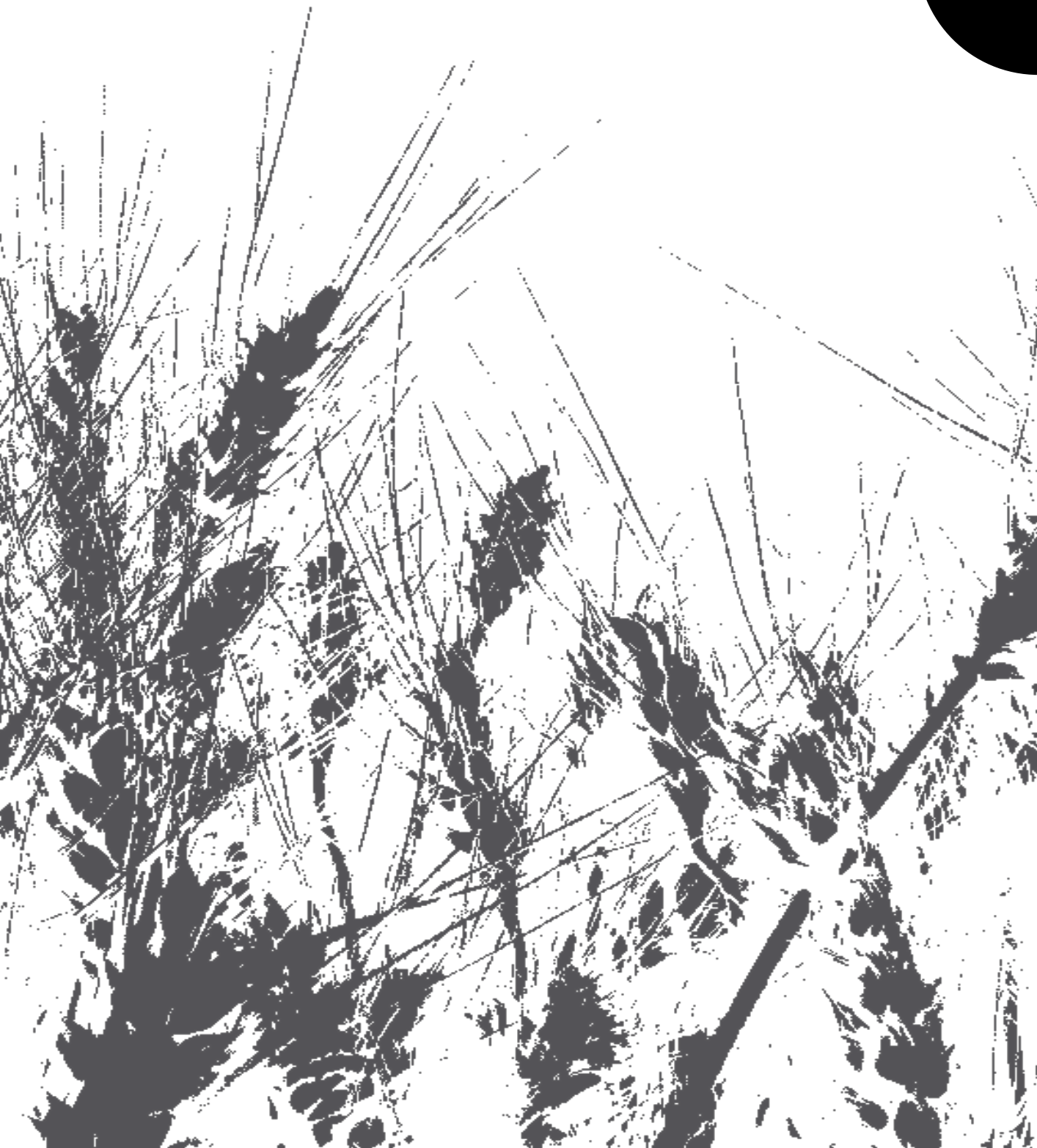
Los estudios moleculares para la determinación del quimiotipo de los distintos aislamientos en base a la presencia de algunos genes de la vía de producción de tricotecenos (Tri 5 y Tri 7) indicaron que todos los aislamientos pertenecen al quimiotipo DON. Se obtuvieron varios tamaños de amplificación para el gen Tr7 a partir de los diferentes aislamientos indicando una diversidad considerable entre los aislamientos para este gen. Los resultados obtenidos en este trabajo revelan que la población de Fusarium graminearum en la región es diversa para las características estudiadas. Es necesario profundizar en el estudio de la diversidad de la población de F. graminearum mediante el análisis de un mayor número de aislamientos, e integrar esta información a la ya obtenida en los distintos países en relación a los linajes presentes.

Publicaciones

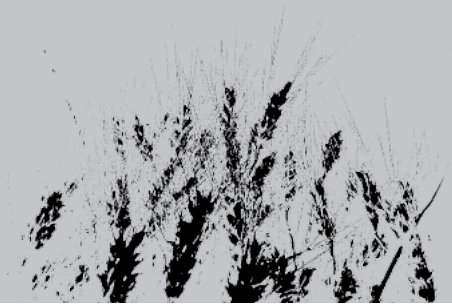
DÍAZ, M. de Akerman 2006. Germoplasm exchange in the Southern Cone of Latin America. In T.Ban, J.M. Lewis, E.E. Phipps eds. The Global Fusarium Initiative for Internacional Collaboration. El Batán, México. CIMMYT. p 103-108.

MANCHAS FOLIARES

3



3. MANCHAS FOLIARES



El Módulo de Manchas Foliares concentró sus acciones en el hongo causal de la "mancha amarilla" del trigo Pyrenophora *tritici-repentis* (anamorfo *Drechslera tritici-repentis*). Esto se debió al hecho que ese patógeno es el que consistentemente afecta los cultivos de trigo en SD, una modalidad de manejo de cultivo que ha pasado a ser predominante en la mayoría de los países productores del Cono Sur.

Los objetivos específicos del módulo fueron 1) la caracterización de aislamientos de *Pyrenophora tritici-repentis* en las principales áreas productoras de la región; 2) la identificación de líneas/cultivares de trigo adaptados a las condiciones de la región y con altos niveles de resistencia a *Pyrenophora tritici-repentis*; y 3) la caracterización de la resistencia detectada en líneas avanzadas y cultivares comerciales de trigo. Formaron parte del equipo de trabajo investigadores de Argentina (INTA y Universidad Nacional de La Plata); Brasil (EMBRAPA); Chile (INIA); Paraguay (CRIA) y Uruguay (INIA). Las condiciones ambientales prevalentes durante los años 2007 y 2008, en los que se concentraron las actividades a campo, limitaron la obtención de resultados en todos los países participantes, especialmente en Chile. Las condiciones de sequía registradas durante el año 2008 constituyen récords históricos de déficits pluviométricos.

Características de los aislamientos de *Pyrenophora tritici-repentis* en las principales áreas productoras de la región

Los estudios morfo-biométricos y culturales del hongo pusieron de manifiesto amplia variabilidad en color, forma, borde y superficie de la colonia, desarrollo del micelio aéreo, ritmo de crecimiento y la producción de conidios bajo las mismas condiciones, pero no en algunos de los caracteres microscópicos como conidios y cuerpos fructíferos (pseudotecios). Para una distancia del 100% de similitud Coeficiente de Jaccard) se observaron 44 morfotipos, y para una distancia del 50% de similitud se diferenciaron 9 grupos. Estos grupos estuvieron conformados por aislamientos de diferente origen y cultivares. En Uruguay, sobre medio V8, no se encontraron tales diferencias. Los aislamientos crecieron a igual velocidad, fueron de color verde grisáceo y no se diferenciaron en la producción de esporas.

La caracterización de la variabilidad de *Pyrenophora tritici-repentis* por polimorfismos de isoenzimas también puso de manifiesto diferencias entre aislamientos. Para el sistema de estearasas 133 aislamientos revelaron actividad y para el de fosfatasas, 101 aislamientos revelaron actividad. En el caso del sistema de peroxidasas se identificaron tres bandas cuyo Rf varió entre 400 y 1100 mm. La banda P2 fue la más numerosa observándose en 13 aislamientos. Las bandas P1 y P3 se observaron en 8 y 5 aislamientos respectivamente. A partir de un dendrograma obtenido para la totalidad de los aislamientos, se observó la presencia de 14 grupos a una distancia de similitud del 35% (CCC=0.98). No se encontró relación entre los agrupamientos respecto a la localidad o el cultivar de origen, ya que aislamientos de diferente origen se encuentran compartiendo grupos.

A través del uso de marcadores moleculares del tipo Inter-Simple Sequence Repeats (ISSR se evaluó la variabilidad a nivel del genoma en 37 aisla-

mientos del patógeno obtenidos en 21 localidades de la región triguera argentina. Los 5 “primers” utilizados arrojaron un total de 62 bandas (entre 280-3000 pb), de las cuales el 69% resultaron ser polimórficas. El fenograma obtenido utilizando el coeficiente de Jaccard (CCC=0,85) sugiere la presencia de 36 haplotipos de Ptr de un total de 37 aislamientos analizados. Esta alta variabilidad es posible que se deba, como en otros patosistemas, a la presencia de su teleomorfo en el país.

Por su parte, en Brasil, y mediante el uso de 20 primers microsatelites (locus), se encontraron 2 a 7 alelos por locus analizado observándose una gran diversidad entre los aislamientos. Sólo 2 no presentaron polimorfismo entre sí. No se observó relación entre el origen de los aislamientos y la similitud identificada por medio de los marcadores.

El estudio de variabilidad patogénica conducido en Argentina puso de manifiesto la ocurrencia de las razas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (4 y 8 en mayor frecuencia) y se comprobó que aislamientos obtenidos a partir de un cultivar similar correspondieron a más de una raza. Los estudios realizados en Uruguay pusieron de manifiesto una amplia variabilidad. Los aislamientos analizados según su producción de clorosis y/o necrosis en un set reducido de cultivares diferenciales permitieron identificar a todas las razas y a algunas variantes que producen clorosis sobre Glenlea, siendo las más frecuentes las razas 1,3, 6 y 8.

En Brasil fueron analizados 24 aislamientos que correspondieron a las razas 1 y 2.

Líneas y cultivares de trigo adaptados regionalmente y con altos niveles de resistencia a *Pyrenophora tritici-repentis*

A partir de la evaluación de viveros fue posible identificar un número importante de líneas que se comportaron como moderadamente resistentes a resistentes (la expresión de la resistencia del trigo a *Pyrenophora tritici-repentis* es del tipo incompleto).

En Argentina se destacaron Croc_1 /AeSqua(224) //Opata, Worrakata /2*Pastor, K134(60) /Vee // Bow /Pvn /3 /Mon, Milan /Kauz //Hx27573 /2*Bav, Bow //Buc /Bul /3 /Kauz /4 /Bav92, Nesser /Pastor /3 /Pfau /Bow, Milan /Kauz //Prinia /3 /Babax, Babax /PlFed, Pvn //Car422 /Ava /3 /, Pfav /Bow //Vee#9 /3 /Bjy, Bjy /Coc //Prl /Bow /3 /Frtl, Bjy / Coc //Prl /Bow /3 /Frtl, Jup /Zp //Coc /3 /Pvn /4 / Croc_1, Milan /Kauz /3 /Ures /Tvn, Tevz /3 /Ures /Jvn //Kauz, Rlgo43 /4*Nac //Pastor /3 /Babax, Toba97 /Bav92 //Milan /Kauz, Kauz /Bav92 /3 / Bjy /Coc //Prl /Bow, Kauz /Cmh77.308 //Bav /3 / Bav92, Pastor //2*Milan /Kauz y Skauz /Bav92 // Pastor .

En Paraguay, BABAX /3 /PRL /SARA //TSI /VEE#5; PASTOR*2 /3 /BJY /COC //PRL /BOW; PASTOR*2 /3 /BJY /COC //PRL /BOW; BJY /COC //PRL /BOW /8 /RABE /6 /WRM /4 /FN /3*TH //K58 /2*N /3 / AUS-6869 /5 /PELOTAS-ARTHUR /7 /…; MILAN / KAUZ //HXL7573 /2*BAU; FLORKWA.1 //MILAN /KAUZ; BOW //BUC /BUL /3 /KAUZ /4 /BAV92 /5 /MMILAN /KAUZ; ATTILA /BABAX //PASTOR; CROC_1 /AE.SQUARROSA (205) //FCT /3 /PASTOR; MILAN /KAUZ //PRINIA /3 /BABAX; CHIL /PRL //MILAN /KAUZ /3 /BABAX; BJY /COC //PRL /BOW /3 /FRTL; PASTOR //HXL7573 /2*BAU; RL6043 /4*NAC //PASTOR /3 /BABAX; KAUZ /BAV92 /3 / BJY /COC //PRL /BOW, y PASTOR //2*MILAN / KAUZ.

En Uruguay, MILAN /KAUZ //PRINIA /3 /BABAX, CMSS97M02941T-040Y-020Y-030M-040Y-020M-7Y-010M-0Y-0SY.

MILAN /KAUZ /3 /URES /JUN //KAUZ /4 /CROC_1 / AE.SQUARROSA(224) //OPATACMSS97M02956T-040Y-040M-040SY-030M-040SY-13M-0Y-0SY

JUP /ZP //COC /3 /PVN /4 /CROC_1 / AE.SQUARROSA (224) //OPATA CMSS97M00285S-040M-040SY-030M-040SY-29M-0Y-0SY.

Resistencia en líneas avanzadas y cultivares comerciales de trigo

Por su parte, las evaluaciones realizadas en campos experimentales y lotes de productores posibilitaron identificar cultivares comerciales moderadamente resistentes a resistentes a *Pyrenophora tritici-repentis*.

Para Argentina se mencionan ACA 901, BAGUETTE 9, BAGUETTE P11, BAGUETTE P13, BIOINTA 1000, BIOINTA 1001, BIOINTA 1002, BIOINTA 1003, BIOINTA 1004, BIOINTA 2002, BUCK 75 ANIV, BUCK PUELCHE, BUCK YATASTO, DM CRONOX, DM ONIX, KLEIN CASTOR, KLEIN CHAJA, KLEIN FLECHA, KLEIN PROTEO, KLEIN TAURO, KLEIN ZORRO, PI GAUCHO y SURSEM NOGAL.

En Brasil los cultivares BRS Guamirim y BRS 208.

En Paraguay los cultivares Canindé 1, Canindé 3, Itapua 75 e IAN 15.

Para Uruguay los cultivares I. Torcaza, I. Tijereta, Baguette 11 Premium, Klein Castor, I. Don Alberto e I. Carpintero a nivel de plántula y se destacaron I. Garza, Baguette 11 Premium, I. Don Alberto e I. Madrugador por su comportamiento en el estado de planta adulta.

La situación en Chile fue diferente, dada la escasa presencia de la "mancha amarilla" y la abundancia de "septoriosis de la hoja", enfermedad causada por el ascomicete *Mycosphaerella graminicola*. De tal manera los trabajos se concentraron en esta mancha foliar. Si bien el teleomorfo *Pyrenophora tritici repentis* se observó en los dos ciclos agrícolas del Proyecto, bajo condiciones naturales, los síntomas de mancha amarilla no se expresaron. La mayor parte de los cultivares de primavera de trigos hexaploides en uso en el país son susceptibles a la septoriosis y esta patología es muy importante en las siembras tempranas. Los cultivares susceptibles escapan de la enfermedad al atrasar la fecha de siembra. Estudios realizados en el ciclo 2006 mostraron que las pérdidas pueden ser de 11,1% con respuesta estadísticamente significativa a la aplicación de fungicidas, especialmente a aquellos fungitóxicos que consideran moléculas de estrobilurinas en la mezcla.

Finalmente, cabe mencionar que las acciones realizadas en el marco de este módulo no sólo han permitido obtener productos (nuevos conocimientos, metodologías, germoplasma, jóvenes capacitados) sino que también han posibilitado fortalecer los vínculos entre los grupos de investigación del sistema científico-tecnológico del Cono Sur y sus capacidades específicas.

Publicaciones

MORENO, M.V.; PERELLÓ, A.E.; DELUCIS, M.; ALIPPI, H.E.; ARAMBARRI, A.M. 2004. Variación en la virulencia de aislamientos de Drechslera tritici-repentis, agente causal de la mancha amarilla del trigo. In Congreso Nacional de Trigo (6º.,2004, Bahia Blanca, AR). Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-Invernal (4º.,2004, Bahía Blanca, AR). p. 245-246.

MORENO, M.V.; STENGLEIN, S.; PERELLÓ, A.E.; BALATTI, P.A.2005. Herramientas moleculares (ISSR) para evaluar la diversidad de Drechslera tritici-repentis. Congresos Latinoamericano de Fitopatología (13º.2005, Villa Carlos Paz, Córdoba, AR). Taller de la Asociación Argentina de Fitopatólogos. (3º,2005,Villa Carlos Paz, Córdoba, AR). p. 439.

MORENO, M.V., STENGLEIN, S.A., PERELLÓ, A.E., BALATTI, P. ALIPPI, H.E.; ARAMBARRI, A.M. 2005. Morphological, pathogenic and molecular variability of Pyrenophora tritici-repentis (anamorph: Drechslera tritici-repentis) isolates causing tan spot of wheat in Argentina. International Wheat Conference (7o,2005, Mar del Plata. AR). Libro de resúmenes. p.147

MORENO, M.V. 2007. Avances en la caracterización de Pyrenophora tritici-repentis en la Argentina. In Jornadas de Actualización en Enfermedades de Trigo. (2007, Lavallol, Buenos Aires, AR.). Instituto Fitotécnico de Santa Catalina, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. p.

MORENO, M.V; SALERNO, G.; ROGER, W.J; PERELLÓ, A.E. 2008. Ocurrence of races of Pyrenophora tritici-repentis (Died.) Drechs., causal agent of tan spot of wheat in Argentina. Congreso Latinoamericano de Micología (6º, Mar del Plata, Argentina).p.

MORENO, M.V.; TACALITTI, M.S.; CASTRO, A.M.; PERELLÓ, A.E. 2008. Isozyme polymorphisms within population Pyrenophora tritici-repentis in Argentina. World Journal of Microbiology and Biotechnology 24 (6): 849-860.

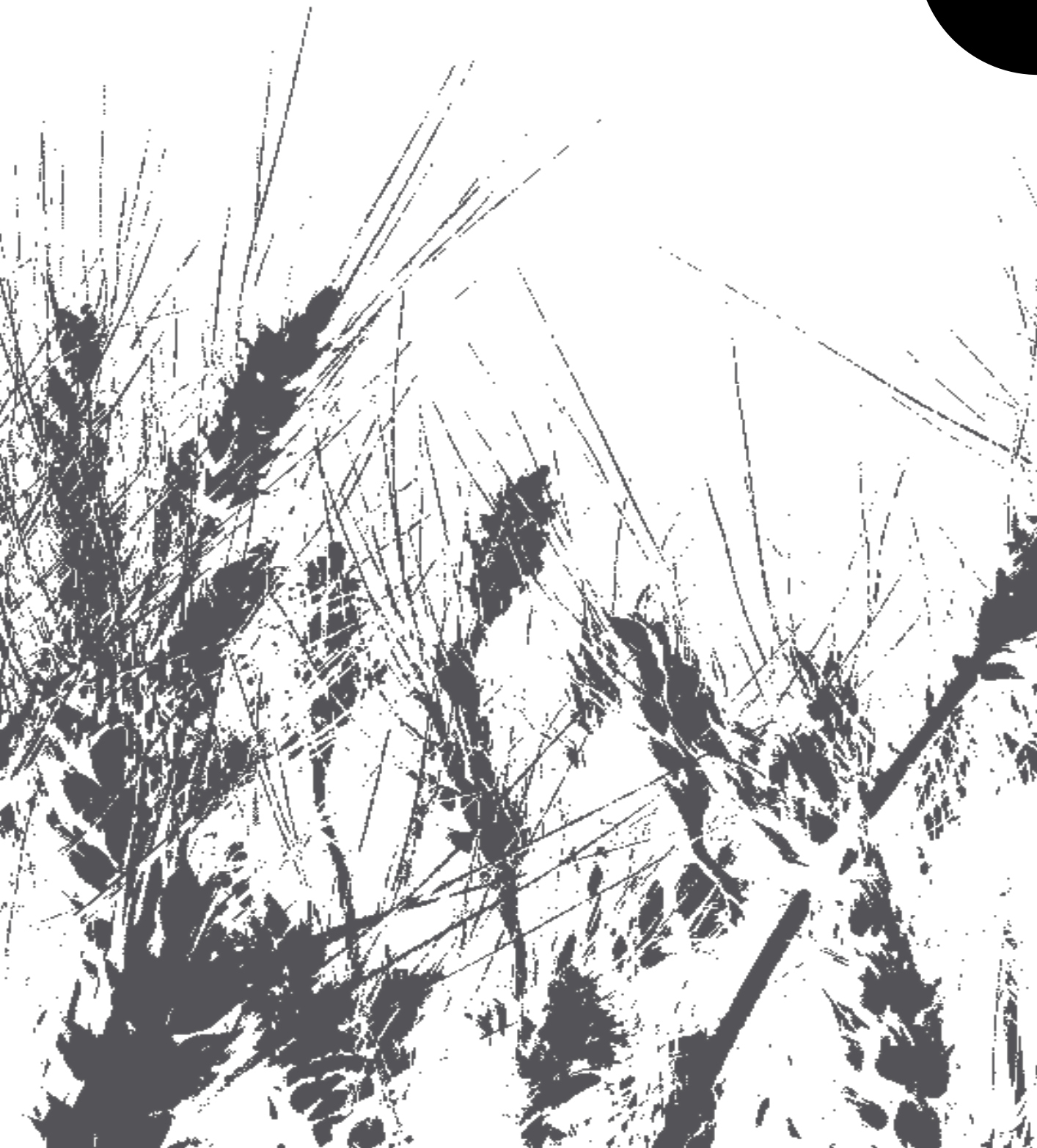
MORENO, M.V.; STENGLEIN, S.A.; PERELLÓ, A.E.; BALATTI, P.A. 2008. Pathogenic and genetic diversity of isolates of Pyrenophora tritici-repentis causing tan spot of wheat in Argentina. European Journal Plant Pathology. 122 (2): 239-252.

MORENO, M.V.; ALIPPI, H.E.; ARAMBARRI, A.M.; PERELLÓ, A.E. 2009. Diversity of Pyrenophora tritici-repentis isolates from the argentinian wheat growing area. (en prensa). Journal of Plant Pathology. JPHY-09-158

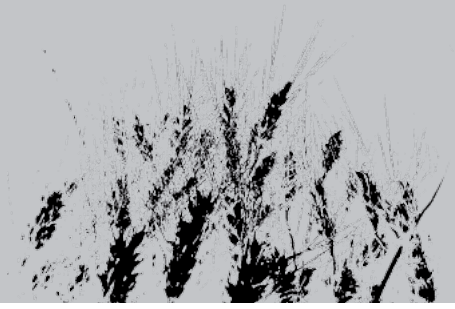
MORENO, M.V.; PERELLÓ. A.E. 2009. Occurrence of Pyrenophora tritici-repentis causing tan spot in Argentina. (en prensa) In Arya, A ; Perelló, A.E. eds. Management of Fungal Pathogens: Current Trends and Progress. Wallingford, CABI. p.

CALIDAD DE TRIGO

4



4. CALIDAD DE TRIGO



La tendencia del aumento de las exigencias de los consumidores del trigo, principal fuente de calorías y simultáneamente uno de los cultivos más importantes del Cono Sur, obligan a generar más información a los efectos de poder establecer estrategias que permitan lograr predecir grano con las características deseadas. Para ello, se realizaron actividades con el objetivo de determinar la variabilidad de la calidad de genotipos representativos en diferentes ambientes de los principales genotipos del Cono Sur.

Se seleccionó un set de genotipos representativos de los que generan los programas de mejoramiento de las instituciones participantes. Sobre el mismo se realizaron estudios genéticos para definir la variabilidad alélica en los loci más importantes para calidad panadera. Simultáneamente, se realizaron ensayos en condiciones controladas a los efectos de entender cómo influyen en las propiedades industriales algunos efectos ambientales específicos. Para poder interrelacionar esta información y aplicarla a situaciones reales, se realizó un completo estudio de interacción genotipo por ambiente.

Variabilidad genética de proteínas que controlan calidad del gluten

Las proteínas de reserva del trigo conforman el gluten, el cual posee las propiedades visco-elásticas que definen la calidad de panificación del trigo. Las proteínas del gluten son clasificadas con base a su solubilidad en alcohol en gliadinas (solubles) y gluteninas (insolubles). Las gliadinas consisten en subunidades codificadas por genes de los loci complejos Gli-1 y Gli-2. Las gluteninas se forman de subunidades de alto peso molecular controladas por genes en los loci complejos Glu-1 y por gluteninas de bajo peso molecular, controladas por genes en los loci Glu-2 y Glu-3. Existe una variante en la composición de las proteínas de reserva del trigo ocasionada por la hibridación entre trigo y centeno. En este caso, un segmento del brazo 1R del centeno reemplaza un segmento del brazo corto 1B del trigo. A este fenómeno se le conoce como translocación 1B/1R, la cual genera la pérdida de los loci Glu-B3/Gli-B1 y, consecuentemente, de algunas gluteninas de bajo peso molecular y de gliadinas, a la vez que se introduce el locus Sec-1 y, consecuentemente, de secalinas monoméricas del centeno. Se observaron 16 variantes alélicas en los loci Glu-1 (control de las gluteninas de APM) y 20 en los loci Glu-3 (control de las gluteninas de BPM), para un total de 26 combinaciones Glu-1/Glu-3. Los resultados muestran que los cultivares incluidos en esta colección representan una diversidad genética muy favorable para el mejoramiento de las propiedades visco elásticas del gluten.

Textura del grano y condiciones de panificación

La calidad panadera del trigo harinero depende en buena medida de la textura del grano, que puede ir de blando a duro. Trigos de texturas contrastantes requieren distintos niveles de energía aplicada para reducir el endosperma a harina en el molturado, afectando la granulometría y el porcentaje de almidón dañado finales. Así, las harinas provenientes de trigos duros se desempeñan bien en procesos de panificación, mientras que las provenientes de trigos blandos lo hacen mejor en los procesos de galletería y repostería. En trigo hari-

nero, la textura del grano está controlada genéticamente por variación de haplotipo en el locus Ha. Dicho locus se compone de los genes Pina y Pinb, estrechamente ligados, por lo que presentan series alélicas excluyentes. A la fecha se conoce solo un haplotipo completamente asociado a textura blanda (a-a, correspondiente a alelos silvestres en los genes Pina y Pinb respectivamente). El número de haplotipos asociados con textura dura, al contrario, es mucho mayor y continúa incrementándose a medida que se analizan germoplasmas exóticos. De las 33 entradas estudiadas, 27 presentaron haplotipos asociados a textura dura. Hubo 6 casos en que no fue posible detectar ninguno de los haplotipos de textura dura analizados. Analizados por espectroscopia NIR, 3 resultaron ser de textura dura En consecuencia, poseerían un haplotipo Pin asociado a textura dura distinto de los analizados. Los otros tres se comportaron como blandos.

Estrés hídrico y calidad

Aun cuando no exista una respuesta única respecto a cómo el cambio climático está afectando la agricultura, existe prácticamente consenso de que estos cambios podrían ser muy desfavorables en áreas en las cuales los cultivos crecen bajo condiciones limitantes de temperatura o de disponibilidad de agua, donde estos fenómenos tenderán a magnificarse. Se han reportado genotipos de trigo tolerantes al estrés por sequía, los cuales pueden ser utilizados como base genética para obtener genotipos más adaptados a condiciones subóptimas de crecimiento. Se realizaron ensayos para determinar el efecto de estrés por sequía durante el llenado de grano en variedades de trigo cultivadas en la región en características agronómicas y propiedades reológicas, buscando identificar genotipos que se adapten a este estrés. Estos genotipos servirían para incorporarlos como progenitores a poblaciones de mejoramiento y para la futura identificación de genes de tolerancia a sequía. Mientras que el rendimiento se vio afectado negativamente, el contenido proteico del grano y las propiedades reológicas aumentaron con el estrés hídrico, detectándose interacciones significativas entre tratamientos y genotipos. En base a contrastes realizados dentro de cada genotipo comparando con y sin estrés hídrico, se lograron detectar genotipos de estabilidad significativamente mayor.

Estrés térmico y calidad

Una alta proporción del área mundial de trigo tiene estrés térmico en la estación de crecimiento. El cultivo de trigo expuesto a temperaturas más elevadas que lo normal durante el llenado de grano muestra alteraciones en características agronómicas y en la calidad de grano. Dado que las variaciones estacionales crean dificultades en la comercialización y posterior procesamiento del grano, muchos programas de mejoramiento tienen como un importante objetivo mejorar la adaptación genética de los cultivares de trigo al estrés causado por altas temperaturas. Se han reportado genotipos de trigo que presentan una respuesta termo tolerante, los cuales pueden ser utilizados como base genética para tolerancia al estrés por calor. Se planteó una actividad para determinar el efecto del estrés térmico durante el llenado de grano en características agronómicas y distribución del peso molecular de las proteínas formadoras del gluten de 12 genotipos seleccionados. El llenado de grano se redujo con el estrés por calor y el número de espigas disminuyó. El gluten se debilitó con el estrés térmico, denotado por la disminución en los parámetros mixográficos. El impacto del estrés por calor en la distribución del peso molecular proteico no fue consistente con el comportamiento de la masa en la prueba reológica. Se detectaron genotipos con características estables tanto agronómicas como de calidad ante el estrés de calor.

Interacción genotipo-ambiente para características de calidad

Se diseñaron ensayos específicos a los efectos de poder cuantificar efectos ambientales y genéticos. Se cultivaron los 23 genotipos de ciclo corto y 9 de ciclo largo Los ciclos cortos fueron cultivados en 20 ambientes de los seis países participantes, mientras que los ciclos largos lo fueron en 9 am-

bientes. A los efectos de minimizar otras influencias, se fertilizó de tal forma que el nitrógeno no fuese limitante para productividad ni para contenido de proteínas en grano, y se realizó protección sanitaria integral y permanente. Se caracterizó cada ambiente en el que se realizaron ensayos con información de características generales (sistema de labranza, cultivo antecesor, fecha de siembra, fecha de espigazón, fecha de madurez fisiológica, latitud, longitud, riego y estado general del cultivo), del suelo (tipo, textura, profundidad, fertilización realizada y contenido de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo y potasio) y climáticas (información diaria de temperaturas máximas y mínimas, precipitaciones, radiación y humedad relativa). Se determinó el rendimiento en cada parcela. A cada muestra de trigo se le determinó peso hectolítrico. Sobre el trigo molido integralmente se determinó proteína y cenizas. Sobre harina se determinó gluten, alveograma, farinograma, sedimentación con SDS, color (Minolta Chroma Meter) y Falling Number.

La información obtenida permitió verificar que no existe una clara relación entre calidad y rendimiento cuando se consideran todas las muestras de todos los distintos ensayos. No se encontraron correlaciones significativas entre parámetros de calidad y rendimiento ($P<0.05$), y a su vez se pudieron obtener muestras de alta calidad de parcelas con alto rendimiento.

La variabilidad lograda queda claramente marcada con los datos obtenidos en la Tabla 1.

Cabe destacar que el rango fue mayor entre los ambientes no solo en parámetros en los que se conoce que existe una mayor influencia ambiental, como por ejemplo peso hectolítrico o contenido de gluten húmedo, sino que también lo fue para parámetros en los que la influencia genética es mayor, como los valores alveográficos o de color de harina (L* de Minolta). Si bien se pudieron diferenciar grupos de genotipos por su calidad, también se pudo observar que en determinados ambientes, no se pudo lograr una buena calidad aún con muy buenos genotipos. Este tipo de resultados se obtuvieron con todos los parámetros analizados, aunque en algunos, como el peso hectolítrico y gluten húmedo, los genotipos tuvieron menor influencia, y en otros, como el P del alveograma, la diferencia entre genotipos fue casi tan grande como entre los ambientes.

El análisis de componentes principales permitió explicar más de la mitad de la variabilidad ($R^2=0.523$) con solo dos componentes El primer componente está altamente relacionado con parámetros que predicen la cantidad de proteínas, mientras que el segundo lo está con parámetros que estiman la fuerza panadera. El análisis de componentes principales permitió agrupar ambientes que se comportaron en forma similar. Esta información se está procesando en conjunto con los datos climáticos y de suelo de esos ambientes, a los efectos de poder determinar cuáles son los factores ambientales claves en la determinación de calidad.

Tabla 1: Valores máximos y mínimos de parámetros seleccionados, calculando para cada genotipo el promedio de todos los ambientes y para cada ambiente el promedio de todos los genotipos, de los trigos de ciclo corto.

	Genotipos		Ambientes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Peso hectolítrico (kg/hl)	78.8	71.9	82.8	68.9
Gluten húmedo (%)	37.7	26.1	37.6	18.0
W de alveograma (j/10000)	425	195	442	168
P de alveograma (mm)	120	61	145	57
L de alveograma (mm)	131	51	134	43
L* de Minolta	92.1	90.3	93.4	88.9
% de cenizas en grano (base seca)	1.77	1.50	1.94	1.26

Si bien la información aún se está analizando, con el nivel de proceso existente ya se puede concluir que no es razonable pretender obtener trigos de buena calidad en determinados ambientes. El proceso en marcha, que incluye la caracterización de los ambientes, podrá predecir cuales son las condiciones ambientales que se necesitan para obtener trigos de buena calidad, y cuales de ellas son manejables.

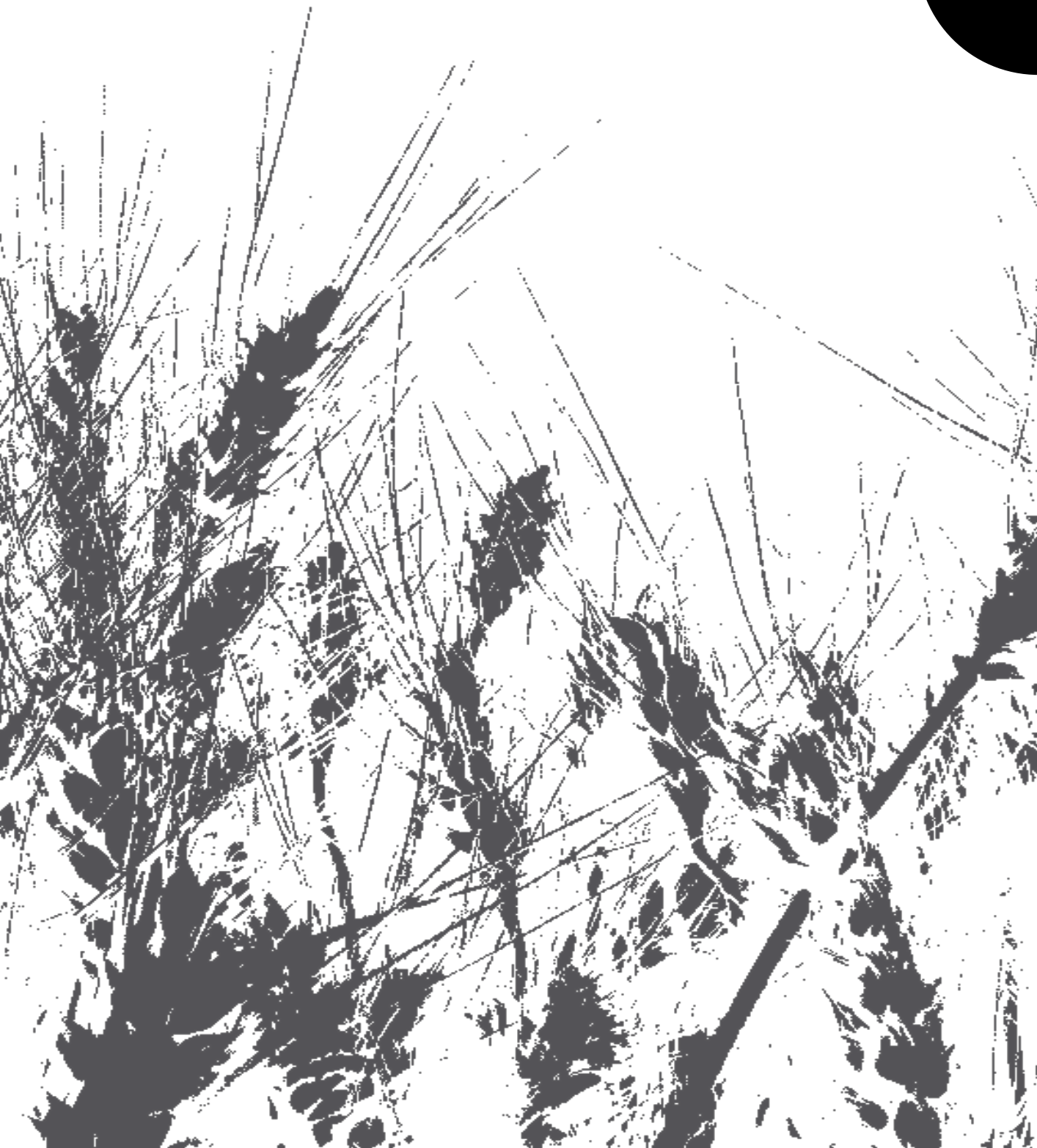
Simultáneamente, se están realizando análisis de estabilidad de calidad entre los distintos ambientes, y la relación de los resultados de estos ensayos con los resultados moleculares y de condiciones controladas de los otros ensayos de este módulo.

A este volumen de información ya obtenida, en vías de proceso, se agregarán datos que ya están disponibles listos para procesar (SE-HPLC y NIR) y más información que aún se está generando (Single Kernel Characterisation System de cada parcela de cada ensayo). El trabajo realizado en este módulo permitió integrar metodologías tradicionales con tecnologías innovadoras para poder ayudar a entender cómo se pueden lograr trigos que satisfagan las crecientes exigencias del mercado.

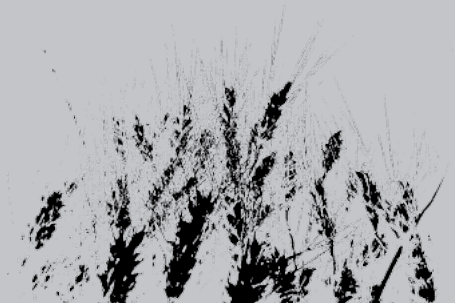
Publicaciones

CASTRO, M.; VÁZQUEZ, C. 2009. Influence of drought stress during grain filling in agronomic characteristics, grain protein concentration and rheological properties of wheat cultivars. Advances of Agricultural Sciences Problem (aceptado para su publicación).

CASTRO, M.; VÁZQUEZ, D. 2009. Influence of drought stress during grain filling in agronomic characteristics, grain protein concentration and rheological properties of wheat cultivars. In International Conference Eco-physiological Aspects of Plant Responses to Stress Factors (8º,2009, Cracow, PL). p.15



5. *PYRICULARIA*



El módulo "Pyricularia" tiene una característica especial, que es la de tratarse de una enfermedad que no ocurre en forma generalizada en todos los países integrantes del Cono Sur. La enfermedad, conocida como brusone del trigo, ha sido extremadamente agresiva y perniciosa en Brasil, Paraguay y Bolivia. En Brasil, ocurre con frecuencia en los estados de Paraná, San Pablo, Mato Grosso del Sur y demás estados del Cerrado Brasilero, donde se cultiva trigo. En la zafra 2009, ocurrió más de una vez un empuje de epidemia de esta enfermedad, preocupando especialmente a las personas involucradas en la problemática.

Las actividades relativas al módulo "Pyricularia" fueron desarrolladas en Brasil y conducidas con recursos de contraparte de Embrapa. Estas actividades fueron direccionadas hacia dos puntos principales, la resistencia de genotipos de trigo a la enfermedad y la variabilidad del patógeno. Sobre la resistencia al brusone, se realizó una evaluación de la reacción a la enfermedad de los llamados trigos sintéticos, derivados del cruzamiento artificial *Aegilops squarrosa* y *Triticum aestivum*, y en trigos comunes. En la cuestión de variabilidad del patógeno, se realizaron dos abordajes. El primero involucra la caracterización de la agresividad de aislamientos de P. grisea de varios lugares de Brasil, y el segundo, la caracterización genética de esos mismos aislamientos, usando "primers" de microsatélites. Vale aclarar que buena parte de las actividades realizadas en ese módulo contaron con la participación fundamental de Ariano Moraes Prestes y de María Fernanda Antunes da Cruz; el primero, profesor-orientador del curso de Post-grado en Agronomía de la Universidad de Passo Fundo y la segunda, estudiante de maestría del referido curso durante el período al que se refiere este informe. Los dos abordajes antes citados fueron, inclusive, la parte principal de objeto de estudio de la disertación de la maestría de la estudiante.

Población patogénica de *Pyricularia grisea*

El estudio fue realizado en el laboratorio de Fitopatología y casa-de-vegetación de Embrapa Trigo y se utilizaron 18 aislamientos monospóricos de P. grisea de trigo, obtenidos de muestras de plantas con síntomas de brusone, provenientes de los estados de Río Grande del Sur, Paraná, Minas Gerais y Goiás. Para la primera etapa del trabajo fueron escogidos del Banco de Germoplasma (BAG) de Embrapa Trigo, 70 genotipos de trigo para las inoculaciones en el estadio de planta joven (estadio 14 de la escala de Zadoks et al., 1974). De estos, 50 son cultivares comerciales y linajes de trigo hexaploide de 20 genotipos de trigo hexaploide sintético, resultante del cruzamiento entre Triticum durum y Aegilops squarrosa. Los genotipos fueron escogidos a través de una selección que buscó establecer un grupo con amplia diversidad genética. Para la validación de la reacción de planta adulta (estadio 60,61 de la escala de Zadoks et al., 1974) fueron seleccionados 12 genotipos, de los siguientes cinco trigos sintéticos (NE 20156-B; PF 844001; PF 844002; PF 964009; PF 804002) y siete cultivares de panificación (CNT8; BRS 120; BRS 194; BRS Buriti; BR 18; BRS Camboatá y BRS Louro).

En el análisis de los datos de severidad en espiga el aislamiento más virulento fue Py 5005, que no difirió estadísticamente de Py 6001, Py 6008, Py

6030. En cuanto a los genotipos, el que presentó menor área afectada fue el CNT 8, que no difirió del genotipo sintético PF 844001. En hoja bandera los aislamientos más virulentos fueron los Py 6001, Py 5002, Py 6003 y Py 5039. Las menores medias de severidad fueron observadas en los genotipos de trigo sintético: NE 20156-B, PF 844001, PF 964009, PF 804002, los cuales no diferían estadísticamente del cultivar CNT 8. En comparación con las inoculaciones en la fase vegetativa, merece ser destacado el aislamiento Py 5002 que en la fase de planta joven fue el menos virulento, ya en la fase de planta adulta se comportó como el más virulento. No fue posible diferenciar los aislamientos en cuanto a su agresividad para la región geográfica de la cual fueron recolectadas las muestras, mucho menos hacer alguna relación con la porción de la planta de la cual el aislamiento fue obtenido para ninguna de las validaciones.

También se realizó otra investigación en Embrapa Trigo, específicamente en los laboratorios de fitopatología y biología molecular de Embrapa Trigo. El referido trabajo tuvo un abordaje molecular en relación a la variabilidad de *P. grisea*. El DNA de 18 aislamientos monospóricos de *P. grisea*, obtenidos de Paraná, Río Grande del Sur, Minas Gerais y Goiás, fue ampliado utilizando los marcadores microsatélites PG3, PG5, PG12, PG20, PG15, PG21, MG1 y MG21. Estos marcadores microsatélites fueron desarrollados a partir del DNA de *P. grisea* obtenido del arroz. Los datos de polimorfismo de DNA de los aislamientos de hongos detectados vía marcadores microsatélites fueron analizados empleándose el estimador de similitudes genéticas entre los dos aislamientos. De esta forma fue necesaria la construcción de una matriz de similitudes genéticas conteniendo datos binarios para cada "primer" utilizado. Se atribuye valor 0 para la ausencia de alelo y valor 1 para la presencia de alelo. A partir de la matriz de similitudes genéticas y de virulencia, fue posible la construcción de dos dendrogramas con base en el análisis molecular. El dendrograma de virulencia fue construido a partir de la reacción de 70 genotipos de plantas jóvenes de trigo, sometidas a la inoculación con 18 aislamientos monospóricos de P. grisea. Para la construcción de dendrogramas se utilizó el programa NTSYSpc 2.02. Para estimar las similitudes genéticas entre los aislamientos se utilizó el coeficiente de Jaccard. Para el agrupamiento jerárquico de los aislamientos se utilizó el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages). De los 8 loci analizados, el primero más informativo fue el PG 5, que presentó 4 alelos. Más allá de eso, los primeros, MG 21 y PG 12 permitieron separar los aislamientos Py 5020 y Py 5038 en un grupo bastante distinto, con menos de 50% de similitudes en relación a los demás aislamientos. La mayoría de los aislamientos (16) presentó más de un 75% de similitudes entre sí. No fue posible agrupar los aislamientos conforme a su origen geográfico. En el análisis de virulencia, 15 de los 18 aislamientos evaluados presentaron más de 85% de similitud entre sí.

El agrupamiento de los aislamientos, de acuerdo con el grado de similitud que los mismos presentan entre sí, fue muy semejante en los dos criterios utilizados en esta investigación, con excepción del aislamiento Py 5002, que presentó una relación distinta a los demás aislamientos de acuerdo con el criterio adoptado para clasificarlos, el padrón molecular de virulencia.

Resistencia genética de germoplasma de trigo al brusone

En la investigación conducida en el laboratorio de fitopatología y en invernáculo de Embrapa Trigo y utilizando 18 aislamientos monospóricos de P. grisea de trigo en 70 genotipos de trigo, los resultados obtenidos permiten concluir que la variación en el grado de susceptibilidad presentado por los genotipos que presentan del 9.15% al 61.55% del área foliar afectada, es un indicativo de la presencia de resistencia parcial entre los genotipos estudiados. No hubo confirmación de resistencia verificada en planta joven, con resistencia en planta adulta para la mayoría de los genotipos, con excepción de CNT 8, que fue uno de los genotipos menos susceptibles en todas las evaluaciones (planta joven, hoja

bandera y espiga). Los genotipos sintéticos se destacaron tanto en la reacción en hoja como en la reacción en espiga, por presentar menor área afectada por la enfermedad, ya en planta joven la mayoría de los genotipos sintéticos se comportaron como susceptibles. Por eso, cabe resaltar la presencia del genotipo NE 20158-X entre los genotipos que presentaron menos de 12% de área foliar afectada en el estadio de planta joven. Bajo las condiciones que fue llevada la investigación, los resultados obtenidos permiten concluir que el padrón de virulencia de la mayoría de los aislamientos de *P. grisea* de trigo estudiado es homogéneo y hay baja correlación de resistencia al brusone entre espigas y hoja de trigo.

Se efectuó una segunda evaluación de plantas adultas, también conducida en las instalaciones de Embrapa Trigo, en Passo Fundo, RS, en 2008. Fueron realizados dos ensayos. En cada uno de ellos se utilizó un aislamiento monospórico de P. grisea diferente en los procedimientos de inoculación. En el primer ensayo, la inoculación fue realizada el 17 de septiembre utilizando el aislamiento Py 5038 y, en el segundo, se utilizó un aislamiento Py 6030 en la inoculación realizada el 17 de octubre. El aislamiento Py 5038 fue obtenido de la raíz de una planta de trigo de cultivar BRS 220, recolectada en Londrina, PR, en 2005, y el aislamiento Py 6030, de la raíz de una planta de trigo de cultivar BRS 208, recolectada en Goiania, GO, en 2006. Los genotipos de trigo del Banco de Germoplasma (BAG) de Embrapa Trigo utilizados en el experimento, fueron los siguientes: Aliança, Anahuac, Babax, BH 1146, BR 18, BR 24, MGS Brilhante, BRS 220, BRS 229, BRS 254, BRS 264, BRS Guamirim, BRS Pardela, EMBRAPA 21, EP 011210, BRS 276, IAC 350, IPF 79812, LD 0319, OCEPAR 14, PF 015733-C, PF 020037, PF 020127, PF 023652, PF 030027 y PF 993118-B. El cultivar Anahuac fue sometido a inoculación solamente en el ensayo donde se utilizó Py 6030. En los dos ensayos se verificaron diferencias entre los genotipos en cuanto al área de la espiga afectada por la enfermedad, aunque la gran mayoría de esos genotipos ha demostrado alta susceptibilidad a la enfermedad. Todos los genotipos de trigo analizados demostraron resistencia a la enfermedad en las hojas bandera.

Publicaciones

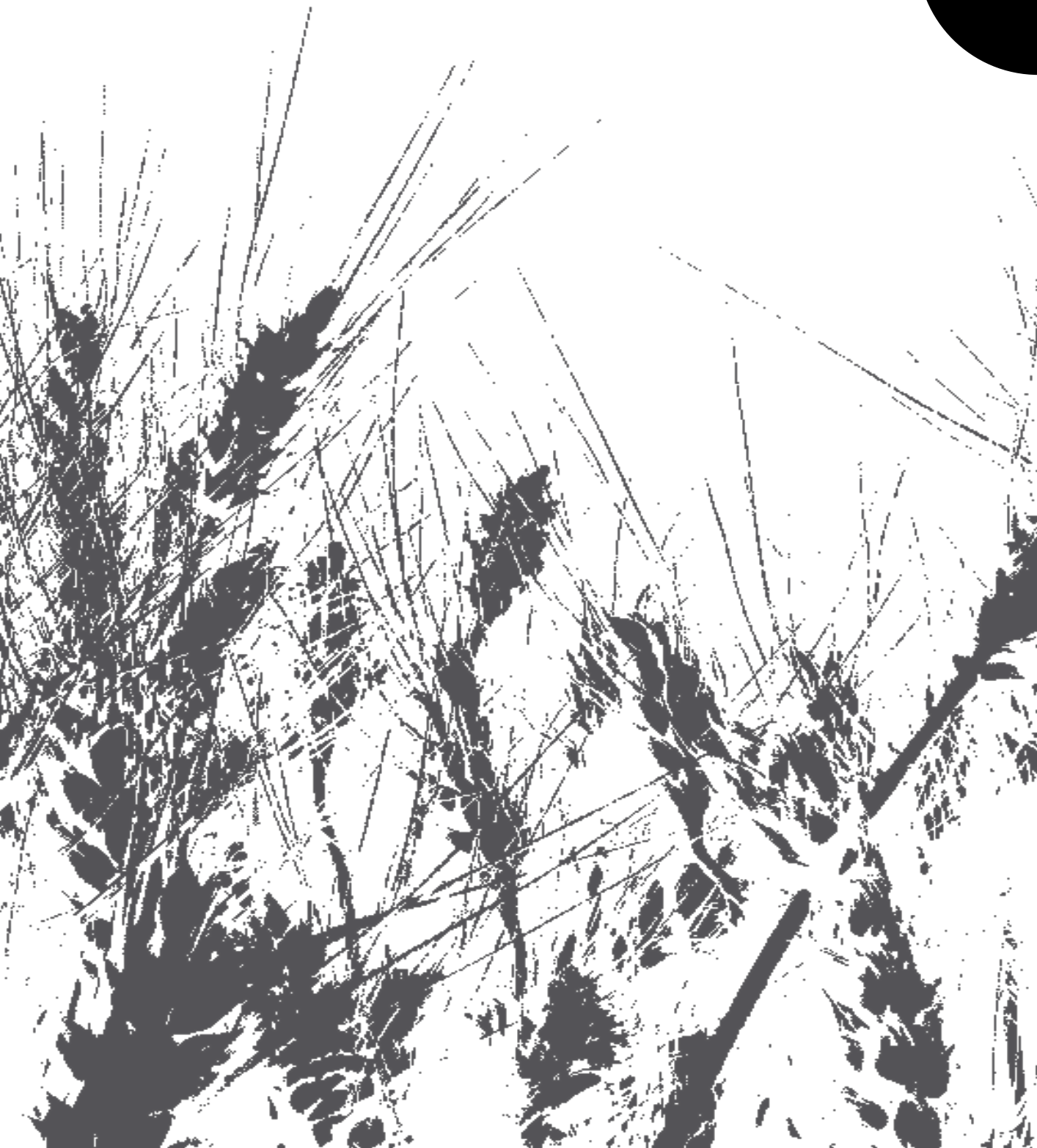
CRUZ, M.F.A.; PRESTES, A.M.; MACIEL, J.L.; SCHEEREN, P.L. 2010. (en prensa) Resistência parcial à brusone de genótipos de trigo comum e sintético nos estádios de planta jovem e adulta. Tropical Plant Pathology

CRUZ, M.F.A.; MACIEL, J.L.; PRESTES, A.M; BOMBONATTO, E.; PEREIRA, J.F; CONSOLI, L .2010. (en prensa) Padrão molecular e de virulência de isolados de Pyricularia grisea do trigo. Tropical Plant Pathology

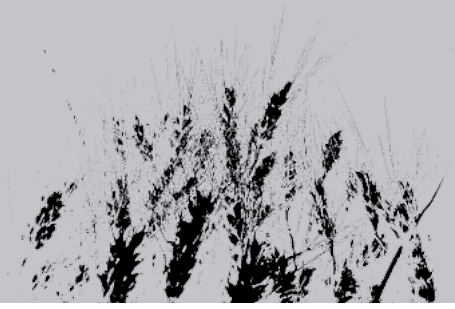
CRUZ, M.F.A.; MACIEL, J.L.; PRESTES, A.M.; SCHEEREN, P.L.; SILVA, M.S.2007. Resistência de genótipos de trigo à brusone e caracterização fenotípica de Pyricularia grisea. In Reunido da Comisado Brasilera de Pesquisa de Trigo e Critícale (1º.,2007, Londrina, Brasil).; Seminario Técnico de trigo (7º.,2007, Londrina, BR). p.

CRUZ, M.F.A.; PRESTES, A M.; MACIEL, J.L. Reação de genótipos de trigo à brusone em diferentes estádios de desenvolvimeto. In Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2º,2008, Passo Fundo, BR.). Anais. p.

CRUZ, M.F.A.; MACIEL, J.L.; PRESTES, A.M. Esporulação de Pyricularia grisea em diferentes meios de cultura em três regimes de luz. In In Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (1º,2007, Londrina, BR).; Seminário Tècnico de trigo (7º.,2007, Londrina, BR). p.



6. ROYAS



La mayor parte de las actividades de esta temática estuvieron relacionadas con la roya de la hoja (causada por *Puccinia triticina*) que continúa siendo la enfermedad más prevalente en el Cono Sur. La roya estriada (causada por *Puccinia striiformis* f. sp. tritici) es endémica en Chile, y la roya del tallo (causada por *Puccinia graminis* f. sp. tritici) no ha provocado epidemias severas por más de 25 años debido al uso de cultivares resistentes en la mayor parte del área de siembra.

Marcadores moleculares para la resistencia durable a roya de la hoja de B. Manantial

En el Instituto de Genética del INTA Castelar-Argentina se desarrolló una población F9 de más de 300 líneas recombinantes homocigotas (RILs) mediante el método SSD (descendiente de una sola semilla). Se caracterizó el comportamiento de las RILs al estado de plántula con aislamientos de *Puccinia triticina*, y a campo (planta adulta) se evaluó el número de pústulas por centímetro cuadrado como parámetro indicador de la severidad de la enfermedad en las localidades de Castelar, Maciel y Reconquista durante 3 años.

Para construir el mapa de ligamiento se usaron 120 líneas de la población. Se utilizó el método BSA (análisis segregante de Bulk) para identificar marcadores asociados a cada gen de resistencia. Los marcadores usados fueron AFLPs (series basadas en las enzimas de restricción Pst I y Mse I) y Microsatélites (series públicas GWM (Gatersleben Wheat Microsatellite), WMC (Wheat Microsatellite Consortium), y BARC (Beltsville Agricultural Research Center). Se desarrolló un mapa de 487 marcadores (324 AFLPs y 163 Microsatélites) que cubrieron los 21 pares de homólogos del genoma. Al estadio de plántula se detectaron los genes Lr3 (6BL), Lr16 (extremo distal del cromosoma 2BS) y Lr17 (extremo distal del cromosoma 2AS) y un gen de resistencia en planta adulta (RPA), BMP1 (2BS, cercano a Lr16). Se descartó la presencia de Lr34 en base a la ausencia de un marcador molecular diagnóstico. La presencia del gen Lr13 debe ser confirmada.

Efectividad de los genes de resistencia de planta adulta expresados en México en las condiciones del Cono Sur

Dos poblaciones (aproximadamente 140 RILs cada una) desarrolladas y evaluadas en CIMMYT, México, fueron evaluadas en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay por su reacción a roya de la hoja y roya estriada. Estas poblaciones fueron derivadas de Avocet "S", susceptible, y Parula y Tonichi 81, que poseen RPA conferida por genes menores con efecto aditivo a roya de la hoja y roya estriada. Se realizaron análisis de correlación y análisis de varianza (roya estriada y roya de la hoja) y análisis de componentes principales (roya de la hoja) de los datos de severidad (% de infección) transformados a Logit. La correlación entre la severidad de roya estriada evaluada en Chile y México fue positiva y significativa (r=0.59 a 0.63). Genotipo e interacción genotipo x ambiente explicaron la mayor parte de la variación en la severidad de infección de roya de la hoja en todos los países. Los dos primeros componentes del análisis de componentes principales explicaron un alto porcentaje de la variación de la severidad de roya de la hoja (67 a 89%) para ambas poblaciones.

Se observó un agrupamiento de las lecturas de roya de la hoja de México por un lado, y las de los países del Cono Sur por otro. El comportamiento diferente de las RILs en los países del Cono Sur respecto a México podría explicarse por diferente expresión de los genes bajo distintas condiciones ambientales. El análisis de QTL, integrando la información del Cono Sur a los mapas ya disponibles permitirá confirmar que regiones cromosómicas están involucradas en esta interacción.

Distribución, frecuencia y aparición de razas de *Puccinia triticina*

Se tomaron muestras de roya de la hoja de cultivos comerciales y experimentos durante 2005-2008. Las razas predominantes fueron MFT-10,20 (designación brasilera B55), MDT-10,20 (B55), MDR-10,20, MDP-10,20 (B58), MFP-20 (B56), MCP-10 y MDT-10 (B34).

MDT-10,20 y MFT-10,20 son virulentas sobre un amplio rango de cultivares comerciales, han causado severas epidemias sobre los cultivares más populares en Brasil y Paraguay, afectando también a cultivares utilizados en Argentina y Uruguay. MDR-10,20 afectó a los cultivares uruguayos INIA Torcaza e INIA Churrinche. MFP-20 fue la primera raza virulenta sobre el cultivar brasilero BRS 194 y causó altas infecciones sobre el cultivar uruguayo INIA Tero. La raza MCP-10 estuvo asociada a graves epidemias sobre el cultivar argentino Klein Don Enrique, utilizado en Argentina y Uruguay. MCT-10 fue frecuente en Argentina durante 2005-2006. Las razas presentes en Chile fueron MCD-10,20 (más frecuente), MCP-10,20 y SCB-10. En Paraguay fueron identificadas en mayor frecuencia MFT-10,20 y MCD-10,20, y en menor frecuencia MFP-10,20, MDT-10,20, y MFP-20.

Más de 60 razas con distintas combinaciones de virulencia fueron detectadas con frecuencia menor a 5%. De estas razas, 35 fueron detectadas en el Cono Sur por primera vez, confirmando la alta potencialidad de *Puccinia triticina* para generar nuevas combinaciones de virulencia, lo que determina corta duración de la resistencia de los cultivares comerciales.

En Chile incrementó la infección de roya estriada sobre Yr8 durante 2008, indicando cambios en las razas de *P. striiformis*. En Argentina se identificaron 8 razas de *P. graminis* f. sp. tritici, 7 de las cuales tuvieron frecuencia menor al 14% y la raza predominante se aisló del 48% de las muestras.

Reacción de cultivares comerciales y precomerciales frente a royas y distribución y reacción de fuentes de resistencia

Se evaluó el comportamiento de los cultivares comerciales frente a las royas presentes en el Cono Sur. Más del 50% del área de trigo de todos los países fue sembrada con cultivares de comportamiento susceptible (S), moderadamente susceptible (MS) e intermedio frente a roya de la hoja. Aproximadamente 20% del área del cultivo en Chile fue ocupada por cultivares S y MS a roya estriada. El área sembradas con cultivares susceptibles a razas locales de roya del tallo en Uruguay incrementó de aproximadamente 15% en 2007 a 30 % en 2008, y fue superior al 30% en Argentina durante estos años.

Se detectaron cambios de comportamiento de algunos cultivares comerciales que eran resistentes: Buck Malevo (Argentina, 2007), BRS 194 (Brasil, 2005, raza MFP-20 o B56), Fundacep 30 (Brasil, 2007, variante de MFT-10,20 o B59), IPR 84 (Brasil, 2008), IAN 10 (Paraguay, 2008), INIA Chimango y BIOINTA1001 (Uruguay, 2008).

El Vivero Regional de Royas (VRR) se organizó y distribuyó desde Uruguay y fue evaluado en todos los países. Lr29, Lr35, Lr36, Lr42 y Lr47 fueron resistentes en todo el Cono Sur durante 2006-2008. Lr21, Lr22a, Lr25, Lr38, Lr41 y Lr45 presentaron algunas lecturas intermedias, que en algún caso podrían deberse a la presencia de nuevas razas virulentas. Deben realizarse test para confirmar o descartar esta posibilidad. Lr34 y Lr46 son los dos primeros genes “menores” que determinan desarrollo lento de roya de la hoja caracterizados hasta el momento. Determinan desarrollo más lento de roya de la hoja que sus respectivos backgrounds

susceptibles (Tc=Thatcher) y (Lalb=Lalbahadur), siendo mayor el efecto de Lr34 que el de Lr46.

Algunos de los cultivares y líneas precomerciales tuvieron lecturas intermedias a altas frente a roya de la hoja (E. 2164, Klein Gavilán, Buck Mataco, BIOINTA 3004, J 5011). INIA Carpintero, BIOINTA 1004 y R 4001 tuvieron lecturas altas de roya estriada en Chile.

Las fuentes de resistencia a roya de la hoja distribuidas tuvieron en general bajo coeficiente de infección de roya de la hoja. Los materiales fueron susceptibles en el estado de plántula a dos o más de las razas predominantes, indicando que poseen RPA. Resultados obtenidos por CIMMYT indican que Parula, Ocoroni, Tonichi, Bau/Kauz, Saar, Chapío y Tukurú poseen varios genes menores de efecto aditivo, confiriendo resistencia presumiblemente durable a roya de la hoja. Varios de los materiales que integraron los viveros mostraron un comportamiento similar a estos materiales y posiblemente poseen similar base de resistencia.

Incorporación de resistencia de planta adulta a roya de la hoja en germoplasma regional

En todos los países participantes se están realizando cruzamientos para incorporar RPA de tipo durable a roya de la hoja en germoplasma elite, como estrategia para obtener nuevos cultivares con resistencia efectiva y durable frente a esta enfermedad. En todos los países se realiza selección fenotípica por resistencia. En Argentina y Brasil se está utilizando un marcador molecular para verificar la presencia de Lr34. En Argentina y Uruguay se cuenta con materiales estabilizados resistentes a roya de la hoja derivados de cruzas simples o con una retrocruza a materiales adaptados.

Resistencia a roya estriada ha sido históricamente uno de los objetivos importantes de mejoramiento en Chile, donde se ha logrado incorporar resistencia a la enfermedad y ampliar la base de resistencia del germoplasma adaptado. En el resto de la región, el uso de RPA a roya de la hoja, genéticamente asociada a RPA a roya estriada, incrementará el nivel de resistencia a esta enfermedad.

Publicaciones

GERMÁN S.; CHAVES, M.; CAMPOS, P.; VIEDMA, Q.; MADARIAGA, R. 2009. Are rust pathogens under control in the Southern Cone of South America? Borlaug Global Rust Initiative (IBGRI) 2009 Technical Workshop, Ciudad Obregón, Sonora, México. (en prensa)

CAMPOS, P. 2008. Dinámica de la población de Puccinia triticina, durante los años 2005 y 2006 en Argentina: efectividad de genes de resistencia en plántula a roya de la hoja de trigo. In Congreso Nacional de Trigo (7º,2008, Santa Rosa, La Pampa, AR). INTA. Universidad Nacional de la Pampa. [s.p.]

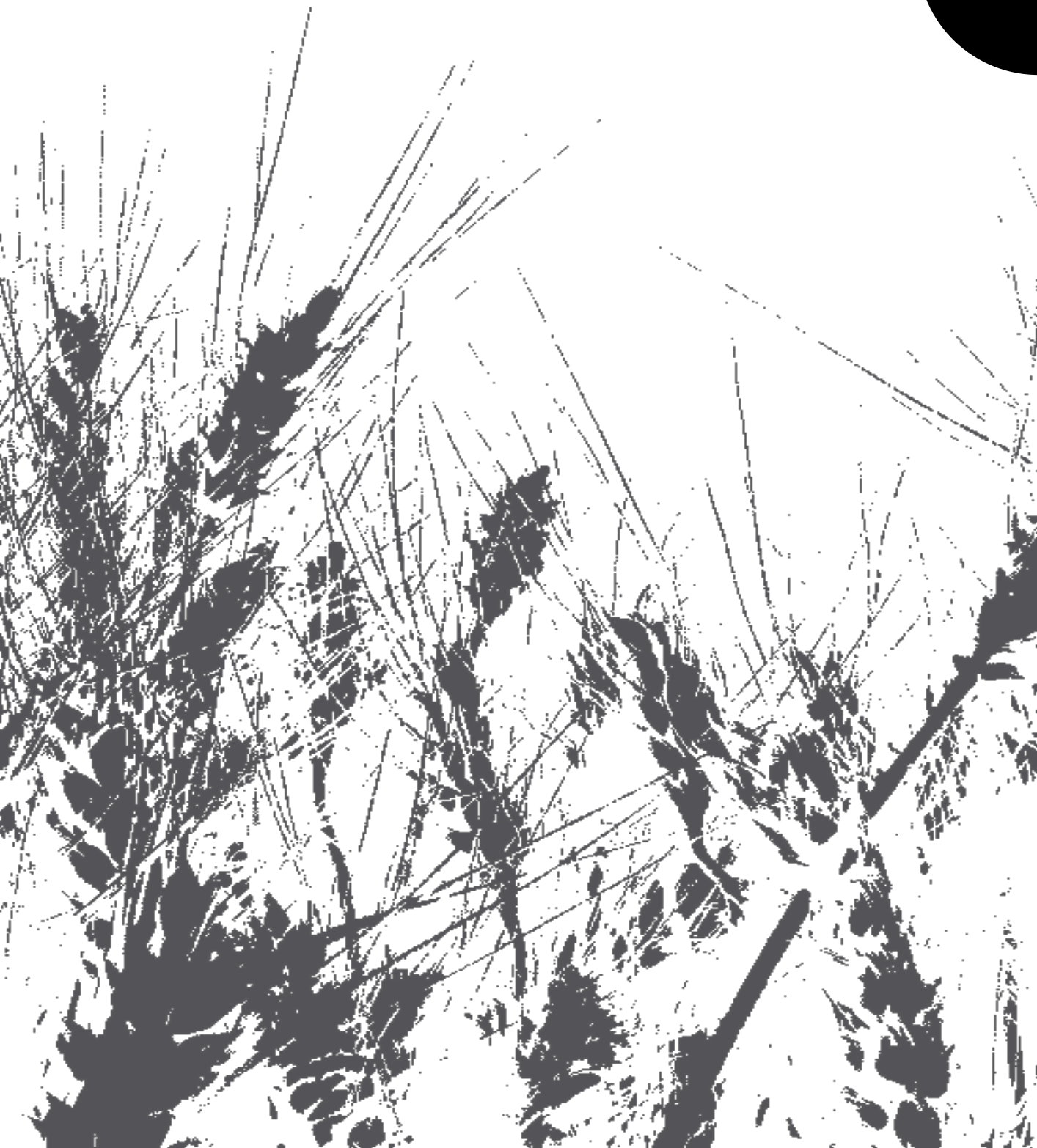
CAMPOS, P.; LÓPEZ, J.2008. Caracterización de aislamientos de Puccinia graminis f.sp. tritici, agente causal de roya del tallo de trigo y su virulencia sobre cultivares de trigo pan. In In Congreso Nacional de Trigo (7º, 2008, Santa Rosa, La Pampa, AR). INTA. Universidad Nacional de la Pampa. [s.p.]

CHAVES, M.S.; DE LIMA, C.; BARCELLOS, A.L.; SO e SILVA, M.; CAIERAO ,E. 2009. Superação da resistência qualitativa da cultivar de trigo "BRS 194" por uma nova raça de Puccinia triticina. (en línea). Ciencia Rural 39(1): 228-231.Disponible en http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a47cr511.pdf

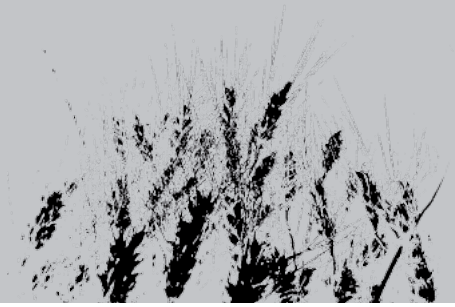
CHAVES, M.S. 2007. Prevalência da raça B55 de Puccinia triticina no Brasil em 2007. In Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo (2º, 2008, Passo Fundo. BR) Ata e Resumos. Resumos dos trabalhos apresentados: Subcomissão de Fitopatología p. 41. Disponible en http://www.cnpt.embrapa.br/rcbptt/2rcbptt/index.htm

RECURSOS GENÉTICOS

7



7. RECURSOS GENÉTICOS



El mejoramiento genético de trigo tiene una larga historia en la región del cono sur Sudamérica, que data a la segunda década del siglo XX. En este proceso el intercambio de germoplasma ha tenido un rol histórico, teniendo como ejemplo el vivero LACOS (Líneas Avanzadas de trigos primaverales del Cono Sur) que fue llevado a cabo entre los años 1980 y 2004, con un total de 24 viveros distribuidos hasta el presente. Estos viveros fueron coordinados, multiplicados y distribuidos por la oficina regional del CYMMIT en el Cono Sur desde sus diferentes sedes, basado el la colaboración de programas de mejoramiento de trigo públicos y privados en Argentina, Brasil, Chile, Uruguay, Paraguay y Bolivia. PROCISUR ha participado en la financiación de la distribución y conservación a largo plazo del germoplasma perteneciente a este vivero desde el año 1992; INIA Chile actualmente conserva en el Banco de Germoplasma del Centro Regional de Investigación INIA La Platina la colección de líneas avanzadas de trigo del Cono Sur (Viveros LACOS). Estos viveros cumplen la función de dinamizar el intercambio e introducción regional e internacional de germoplasma de trigo, así como el generar un muy importante volumen de información sobre el comportamiento del germoplasma en resistencia a roya de hoja, roya de tallo, roya estriada, oidio, helmintosporiosis, mancha amarilla, septoriosis del nudo, fusariosis de la espiga, reacción a roya de hoja en plántula, características agronómicas y de calidad panadera. Además, se incluye información de pedigree y selección.

Acuerdos y coordinación

A partir de una reunión inicial se planificaron y elaboraron los términos de intercambio de germoplasma su evaluación y difusión de resultados.

Esta actividad sirvió para definir el marco de funcionamiento logístico del intercambio de germoplasma, fijando el principio de reciprocidad como elemento fundamental en el mismo y la definición de un código de ética para el manejo del germoplasma intercambiado. Como restricción al intercambio de germoplasma se destaca por un lado la dificultad y el costo de cumplir con los requisitos fitosanitarios y cuarentenarios en países como Brasil y Argentina, que muchas veces generan demoras en lograr un movimiento de semillas eficiente y dentro de los plazos necesarios para la normal ejecución de las actividades de siembra y recolección de datos.

Recepción y distribución de germoplasma del Vivero Regional Trigo

Se observó una buena participación de los diferentes criaderos en los viveros de los años 2006 y 2007 (Tabla 2), con líneas experimentales y variedades de todos los países y criaderos participantes. Esta situación cambió para el año 2008, cuando Brasil, decidió no participar en el vivero de dicho año, hecho que también coincidió con una menor participación de los criaderos privados Argentinos (solo participó ACA en este año). Para el año 2009 se recibieron participaciones de Argentina, Uruguay, Paraguay; el germoplasma de Bolivia llego en el mes de septiembre y en este año Chile anunció que no participaba más, debido a cambios en su reglas fitosanitarias para el envío de semilla. Por este motivo, y tras consulta con los diferentes participantes, se decidió discontinuar la distribución de este vivero.

Tabla 2: Resumen de los materiales recibidos de los diferentes criaderos por año

País	Criadero	2006	2007	2008	Total	Total País
Argentina	ACA	16	8	10	34	
	BUCK	15	7	0	22	
	KLEIN	17	12	0	29	
	INTA	32	45	38	115	200
Brasil	EMBRAPA	10	38	0	48	
	ORS	8	7	0	15	
	COODETEC	10	14	0	24	
	FUNDECEP	7	15	0	22	
	IAPAR	0	9	0	9	118
Bolivia	ANAPO	0	0	9	9	9
Chile	INIA	0	15	10	25	25
Uruguay	INIA	37	24	18	79	79
Paraguay	CRIA	13	10	9	32	32
Total por columna		165	204	94	463	463

Regeneración y conservación de germoplasma de trigo.

Esta actividad fue realizada por las contrapartes de Uruguay y Argentina. En este sentido han sido regeneradas y conservadas en el banco de germoplasma de INIA Uruguay la totalidad de las 463 accesiones distribuidas en el marco de este proyecto. INTA Argentina regeneró un total de 77 accesiones.

Distribución, siembra y evaluación de los viveros

Durante la duración del proyecto se distribuyeron 98 juegos del mismo (Brasil 7, Bolivia 1, México 12, Chile 12, Argentina 46, Paraguay 3, Uruguay 17). La distribución de los viveros se realizó siguiendo las líneas acordadas en la reunión de planificación. De esta manera se procedió a la distribución de semilla curada para ensayos de campo y de semilla sin curar para evaluación de calidad y de resistencia a enfermedades. Todos los viveros correspondientes a cada país fueron enviados a las instituciones públicas coordinadoras del proyecto, correspondiéndoles a estas la distribución a las diferentes empresas privadas participantes.

En este sentido se destaca por parte de Brasil que decidió no participar en el vivero 2007 y 2008, por lo que tampoco lo recibió en estos años. Similar situación se presentó para Chile en el 2008. En general las mayores dificultades se presentaron durante en el intercambio de germoplasma (retrasos en el envío y recepción de los viveros), por lo que en algunos casos los viveros no llegaron a tiempo para su siembra sobre todo en Paraguay, Brasil y Bolivia, lo que determinó siembras al año siguiente de viveros en estos países.

Base de datos de pedigree, análisis de coancestría y formulación de propuesta de colección núcleo.

Se completo la base datos de pedigree del vivero LACOS (LACOS 1 a 22), usando datos de información en papel y del ICIS (International Crop Information System, http://gwis.lafs.uq.edu.au/) para un total de 300 entradas x vivero, y se calculó la matriz de conacestría entre todas las líneas de germoplasma participantes en dichos viveros. Esta base de datos está disponible en formato electrónico de planilla excel los participantes del proyecto, aunque solo ha sido analizada en forma preliminar, utilizando componentes principa-

les para analizar la evolución de la diversidad por país a lo largo del tiempo. Este análisis tiene por objetivo definir grupos de germoplasma por país de origen y/o momento de desarrollo para poder conducir un muestreo estratificado que permita establecer una colección base. La figura 6.1 ejemplifica los resultados observados para el caso de Uruguay, indicando que es posible identificar grupos de germoplasma más relacionado entre sí que con otros grupos cuando se usa como variable de clasificación el número del vivero del que formaron parte. Este es un objetivo que se ha visto retrasado en su concreción, pero que se estará cumpliendo para finales del 2009, ya que solo falta completar el análisis de los datos.

Fortalecimiento del banco de germoplasma de trigo de INIA Chile

El Banco de germoplasma de INIA Carillanca está ubicado en la Región de la Araucanía en Chile, éste forma parte de la red de bancos de germoplasma del INIA en el país. Esta red está conformada por tres bancos activos y un banco base los cuales entraron en operación en el año 1992 a partir de un convenio INIA - JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón). El banco de germoplasma de INIA Carillanca cuenta con ocho cámaras, siete de conservación a corto plazo (10 años) y una cámara de conservación a mediano plazo (15 años), además de una sala de secado, una sala de geminación y un sector de trabajo. Actualmente se están conservando 81 especies, entre ellas; trigo, avena, cebada, arvejas, porotos, chícharo, garbanzo, lupinos, lentejas, habas y especies forrajeras varias. El total de accesos conservados son 12.609, la mayor cantidad lo constituyen las colecciones de trigo con 5.285 entradas, lo que equivale a un 42% del total de accesiones conservadas en INIA Carillanca. Por otra parte INIA Chile actualmente conserva en el banco de germoplasma del Centro Regional de Investigación INIA La Platina la colección de líneas avanzadas de trigo del Cono Sur (Viveros LACOS). Esta colección la conforman 21 viveros con 5.235 líneas (87% del total original), de estos, 5 viveros se encuentran completos (13, 15, 18, 19 y 21), 12 viveros poseen entre 84 y 99% del total de las líneas que conformaron el vivero original y 4 viveros poseen menos del 70% del total de las líneas. La colección LACOS se encuentra debidamente ordenada y se ha sistematizado la información de caracterización disponible.

En este sentido, el proyecto realizó las siguientes actividades con el objetivo de asegurar la conservación y acceso a los viveros LACOS históricos conservados en el banco de germoplasma de INIA Chile.

- Reposición y puesta en marcha de equipos de refrigeración
- Traslado de la Colección de Trigo de los Viveros LACOS del Banco de germoplasma de INIA La Platina al banco activo de INIA Carillanca
- Informatización de la documentación de las colecciones de trigo.

Esta publicación
se termino de imprimir en
Imprenta Boscana S.R.L.
en junio de 2010.

Dep. Legal: 352.968