

INFORME CIENTIFICO DE BECA

Legajo N°:

BECA DE Estudio **PERIODO** 01/04/2013- 31/03/2015

1. **APELLIDO:** Mirabella

NOMBRES: Nadia Estefania

Dirección electrónica (donde desea recibir información): nemirabella@gmail.com

2. **TEMA DE INVESTIGACIÓN** (Debe adjuntarse copia del plan de actividades presentado con la solicitud de Beca)

Identificación y validación de variables asociadas con la tolerancia al vuelco en trigo pan

3. **OTROS DATOS** (Completar lo que corresponda)

BECA DE ESTUDIO: 1º AÑO: *Fecha de iniciación:* 01/04/2013

2º AÑO: *Fecha de iniciación:* 01/04/2014

BECA DE PERFECCIONAMIENTO: 1º AÑO: *Fecha de iniciación:*

2º AÑO: *Fecha de iniciación:*

4. INSTITUCIÓN DONDE DESARROLLA LOS TRABAJOS

Universidad y/o Centro: Unidad Integrada Balcarce (FCA, UNMDP; EEA Inta Balcarce)

Facultad:

Departamento:

Cátedra:

Otros:

Dirección: Calle: Ruta Nacional 226 *Nº:* 73,5

Localidad: Balcarce *CP:* 7620 *Tel:* 02266- 439103

5. DIRECTOR DE BECA

Apellido y Nombres: Pontaroli, Ana Clara

Dirección electrónica: pontaroli.ana@inta.gob.ar

NEW

6. EXPOSICIÓN SINTÉTICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO. (Debe exponerse la orientación impuesta a los trabajos, técnicas empleadas, métodos, etc., y dificultades encontradas en el desarrollo de los mismos, en el plano científico y material).

Durante el período de beca asistí y aprobé varios cursos para cumplir con los requerimientos de la Maestría del Programa de Posgrado en Producción Vegetal (FCA, UNMdP; adjunto certificado analítico). En el marco de la Maestría presenté el avance del proyecto de Tesis, en el que se incluyeron resultados preliminares de la investigación que comprende la presente beca. Además desarrollé actividad docente como auxiliar adscrito en la cátedra de Genética (FCA, UNMdP) durante el primer cuatrimestre de los años 2013 y 2014, lo que requirió la preparación y asistencia a clases (adjunto certificación correspondiente).

Tareas de investigación desarrolladas

A continuación se detallan las tareas desarrolladas en cumplimiento de los objetivos propuestos en el plan de trabajo:

(1) Se determinó la susceptibilidad al vuelco de 14 cultivares de trigo pan difundidos en el sudeste bonaerense. En el proyecto original se había propuesto evaluar 12 cultivares pero se agregaron dos adicionales, que se utilizan como testigos históricos en varios ensayos del grupo. Este experimento se realizó a campo en condiciones favorables a la ocurrencia de vuelco (alta fertilización, riego, control de plagas y enfermedades fúngicas), bajo un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por los cultivares, y la unidad experimental consistió en una parcela de 5 m de largo y siete surcos de ancho separados a 0,2 m entre sí. A partir de anthesis y hasta la madurez, se registró el índice de vuelco (IV) en forma periódica, para lo cual se midió el ángulo de inclinación de los tallos respecto de la vertical (A) y la superficie afectada (S) de cada parcela. El índice se calculó como $A/90^\circ \times S \times 100$, por lo cual 0% indica ausencia de vuelco, y 100%, todos los tallos horizontales en toda la parcela. Además para caracterizar los cultivares se disponía de datos provenientes de dos Ensayos Comparativos de Rendimiento de Trigo Pan bajo condiciones de Alta Tecnología (RET-AT) conducidos en la EEA INTA-Balcarce (INASE) en los ciclos agrícolas 2010/11 y 2011/12.

(2) Se evaluaron las variables tentativamente asociadas con el vuelco. Para ello se registró la altura del cultivo (ALTURA) y luego se tomó una muestra de vástagos por parcela en madurez en los dos ensayos de la RET-AT mencionados. Los vástagos fueron fraccionados, separando las espigas, hojas, tallos y las bases de los tallos. Todas las fracciones fueron pesadas luego de secarlas en estufa a 60°C hasta peso constante. Se obtuvieron valores de rendimiento en grano (PSG), peso seco por espiga (PS/ESP), biomasa total (PSTot) e índice de cosecha (IC). En la base de cada tallo se determinó la longitud del entrenudo basal (LENB) y el peso seco de los 10 cm basales (PS10B). Se determinó el diámetro mayor del entrenudo basal utilizando un calibre (D.EXT.MAX.C). La sección transversal de la base de cada uno de 15 tallos de la muestra fue fotografiada con una cámara digital con lupa sobre un portaobjetos graduado. El análisis digital de las fotografías permitió obtener los valores de espesor de pared (EPEB) y de área del tallo (AREA).

(3) Se generó un modelo explicativo de la susceptibilidad al vuelco con las variables determinadas en (2). A través de técnicas matemáticas, algebraicas, numéricas y estadísticas, se seleccionó el modelo que mejor permitió explicar la susceptibilidad al vuelco de los cultivares evaluados utilizando las variables mencionadas en el punto anterior.

(4) El modelo propuesto en (3) se validó con datos de diez cultivares distintos a los usados para generarlo, provenientes de la RET-AT 2010/11 y 2011/12. Las variables utilizadas para estimar el IV se calcularon como desvíos de la media de su respectivo experimento para eliminar el efecto del año. El IV de cada cultivar se estimó con el modelo y se compararon los valores de IV observados vs. estimados mediante un análisis de correlación y regresión lineal. Además, dado que en el contexto de un programa de mejoramiento el ordenamiento relativo de los cultivares según su susceptibilidad al vuelco sería más importante que la estimación de un valor determinado, se realizó un análisis de ordenamiento categórico. Los valores de IV estimados y observados de los diez cultivares fueron agrupados en tres categorías definidas por intervalos de IV de igual amplitud.

(5) Se evaluaron aquellas variables asociadas significativamente con el IV en diferentes condiciones ambientales y/o de manejo. En un experimento a campo se evaluaron los cultivares comerciales BSY 110 y Baguette 10 bajo seis condiciones de cultivo: (a) testigo (protocolo RET-AT), (b) reducción de la densidad de siembra en 50%, (c) siembra en camas, (d) reducción de la radiación incidente en 50% (cobertura con redes de sombreado), (e) reducción del nitrógeno disponible (agregado de 1 kg de azúcar por parcela semanalmente), (f) reducción de biomasa vegetativa durante el macollaje dejando 5 cm en altura del material vegetal (corte). Debido a dificultades técnicas, el tratamiento (e) no fue aplicado.

Resultados obtenidos

Salvo lo mencionado, las actividades planeadas en el proyecto original se desarrollaron sin mayores dificultades. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

(1) El experimento con condiciones favorables al vuelco permitió maximizar diferencias entre cultivares y los valores de IV obtenidos presentaron una asociación lineal significativa ($R^2=0,56$; $p=0,002$; $gl=12$) con el IV estandarizado promedio de los experimentos de la RET-AT de los ciclos agrícolas 2010/11 y 2011/12. El grado de susceptibilidad al vuelco de cada cultivar se calculó como el promedio de los desvíos de la media del IV del cultivar de los tres experimentos. Al analizar mediante un ANVA los valores de IV registrados durante tres ciclos agrícolas, se encontraron diferencias significativas entre cultivares ($p<0,001$; $gl=13$).

(2) Las variables determinadas en las muestras de vástagos de los dos experimentos fueron analizadas mediante un ANVA combinado a través de años. La interacción genotipo x ambiente resultó no significativa para las variables: ALTURA, PSG/ESP, IC, PSTOT, PS10B, LENB y D.EXT.MAX.C ($p<0,05$). Además, para las variables con interacción genotipo x ambiente significativa, la suma de cuadrados de esta interacción fue siempre menor que la suma de cuadrados de genotipo o ambiente. La mayor parte de las variables analizadas presentaron diferencias significativas entre cultivares y entre años ($p<0,05$).

(3) Todas las variables que presentaron diferencias significativas entre cultivares según ANVA ($p<0,05$) se incluyeron en un análisis de regresión lineal múltiple para estudiar su asociación con la susceptibilidad al vuelco. El promedio de cada variable para cada cultivar se estandarizó como desvío de la media del experimento para eliminar el efecto del año, y los valores de ambos experimentos fueron promediados dada la baja o nula interacción genotipo x ambiente. Entre las variables medidas a campo o en plantas individuales la ALTURA y el D.EXT.MAX.C. presentaron asociación lineal significativa con la susceptibilidad al vuelco de los cultivares. La altura presentó una asociación positiva con un R^2 igual a 0,5 ($p=0,004$), en tanto que el R^2 de la asociación con el D.EXT.MAX.C. fue menor ($R^2=0,35$; $p=0,026$). Analizando la asociación entre las diferentes variables y la susceptibilidad al vuelco mediante un

análisis de regresión lineal múltiple ("stepwise") se obtuvo que las variables que resultaron significativas para estimar el grado de susceptibilidad de diferentes cultivares al vuelco fueron: ALTURA, PS/Esp, y D.EXT.MAX.C. Se obtuvo el siguiente modelo lineal múltiple:

$$IV = 0,86 \cdot ALTURA + 22,68 \cdot PS/ESP - 28,43 \cdot D.EXT.MAX.C. (R^2=0,9; g.l.:11; p<0,001)$$

(4) Los valores de IV observados se asociaron significativamente con los valores estimados mediante el modelo propuesto en (3). Dicha asociación presentó un coeficiente R² igual a 0,71 (g.l.=8; p=0,004). Si bien el modelo propuesto sobreestima los valores de IV, el análisis de ordenamiento categórico no permitió detectar diferencias significativas (p<0,001) en la clasificación de los cultivares según los valores de IV observados vs. estimados.

(5) La variable ALTURA no presentó efecto de la interacción tratamiento x cultivar (p=0,48), ni diferencias significativas entre cultivares (p=0,68) pero sí presentó efecto de los diferentes tratamientos (p<0,001). El sombreado y el corte durante el macollaje fueron los tratamientos que redujeron la altura significativamente. La variable PS/ESP. presentó efecto significativo de la interacción manejo x cultivar (p=0,007). La variable D.EXT.MAX.C. no presentó efectos de interacción manejo x cultivar (p=0,52) ni de las diferentes condiciones de manejo o ambientales (p=0,24). Para esta variable, el cultivar Baguette 10 presentó mayores valores de diámetro de tallo (p<0,001). Finalmente, el IV estimado mediante el modelo presentado en (3) no presentó efecto de interacción tratamiento por cultivar (p=0,71), pero sí diferencias para las condiciones de cultivo y los cultivares evaluados (p<0,001). Los tratamientos de sombreado y corte presentaron la menor susceptibilidad a la ocurrencia de vuelco. El cultivar SY110 presentó mayor susceptibilidad al vuelco que Baguette 10 bajo todas las condiciones de cultivo evaluadas. Esto es consistente con los valores de IV observados en diferentes ciclos agrícolas de la RET-AT.

Discusión de los resultados

El vuelco es un fenómeno que se presenta ocasionalmente, producto de la interacción cultivo-suelo-clima y afectado por las prácticas de manejo; por ello es difícil caracterizar el comportamiento de los cultivares. En este trabajo se logró caracterizar consistentemente la susceptibilidad al vuelco de un conjunto de cultivares difundidos en la región pampeana, y explicar este comportamiento con variables de fácil medición, como lo son la altura de planta, el peso seco por espiga y el diámetro del entrenudo basal. A pesar de que la reducción de altura lograda con la introducción de los genes de enanismo durante la revolución verde ha aumentado la resistencia al vuelco, entre los cultivares semienanos de alto rendimiento estudiados la susceptibilidad al vuelco estuvo asociada a esta característica. La variable altura es de fácil obtención y explicó un 50 % de las diferencias en la susceptibilidad al vuelco de los cultivares estudiados. Sin embargo, la selección de materiales con alto rendimiento ha aumentado el riesgo de vuelco por un alto peso de espiga, según se advierte ante el hecho de que esta variable también contribuyó en forma significativa al modelo explicativo del IV. Asimismo, el mejoramiento genético debería considerar las características estructurales de la base del tallo para que el vuelco no ocurra en los nuevos cultivares. Dado que el diámetro de tallo es una variable difícil de determinar sería interesante investigar marcadores asociados a la resistencia de la base del tallo para poder realizar selección asistida por marcadores y que el alcance del rendimiento potencial no se vea obstaculizado por la ocurrencia de vuelco.

7. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS O PUBLICADOS EN EL PERIODO.

7.1. PUBLICACIONES. Debe hacerse referencia, exclusivamente a aquellas publicaciones en la cual se halla hecho explícita mención de su calidad de Becario de la CIC. (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha aclaración no debe ser adjuntada. Indicar el nombre de los autores de cada trabajo, en el mismo orden que aparecen en la publicación, informe o memoria técnica, donde fue publicado, volumen, página y año si corresponde; asignándole a cada uno un número. En cada trabajo que el investigador presente -si lo considerase de importancia- agregará una nota justificando el mismo y su grado de participación.

Mirabella, NE; Abbate, PE; Ramirez, IA; Pontaroli, AC. 2015. Genetic variation for wheat spike fertility in cultivars and early breeding materials. Journal of Agricultural Science, Cambridge. doi: 10.1017/S0021859614001245.

Martino, DL; Abbate, PE; Cendoya, MG; Gutheim, F; Mirabella, NE; Pontaroli, AC. 2015. Wheat spike fertility: inheritance and relationship with spike yield components in early generations. Plant Breeding. doi: 10.1111/pbr.12262.

7.2. PUBLICACIONES EN PRENSA. (Aceptados para su publicación. Acompañar copia de cada uno de los trabajos y comprobante de aceptación, indicando lugar a que ha sido remitido. Ver punto 7.1.)

7.3. PUBLICACIONES ENVIADAS Y AUN NO ACEPTADAS PARA SU PUBLICACIÓN. (Adjuntar copia de cada uno de los trabajos. Ver punto 7.1.)

7.4. PUBLICACIONES TERMINADAS Y AUN NO ENVIADAS PARA SU PUBLICACIÓN. (Adjuntar resúmenes de no más de 200 palabras)

Alonso, MP; Abbate, PE; Mirabella, NE; Panelo, JS; Pontaroli, AC. Sink/source limitation analysis in wheat commercial cultivars and unselected lines.

7.5. COMUNICACIONES. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores)

Mirabella, NE; Panelo, JS; Abbate, PE. Pioneros del Mejoramiento Genético del trigo en Argentina. Simposio "Un Quintal de Años de Trigo". Primer centenario del inicio del mejoramiento de trigo en la Argentina". 14 de noviembre de 2014, EEA INTA- Balcarce, Ruta 226 Km 73.5, Balcarce.

Abbate, PE; Mirabella, NE; Ramirez, IA; Pontaroli, AC. Los genes de enanismo rht b1 y d1 como determinantes de la altura de cultivares de trigo pan actuales. XLIII Congreso Argentino de Genética y IV Reunión Region SAG-La Pampa Patagonia. (Bariloche, Argentina, 19-22 de octubre de 2014).

Mirabella, NE; Abbate, PE; Pontaroli, A. Variables asociadas con la tolerancia al vuelco en trigo pan en Balcarce (Argentina). Seminario Internacional: Un siglo de mejoramiento de Trigo en La Estanzuela. INIA La Estanzuela. Colonia, Uruguay. 27 a 29 de agosto, 2014.

XLII Congreso Argentino de Genética y III Reunión Regional SAG-NOA. Salta, Argentina, 20-23 de octubre de 2013. Caracteres asociados con la tolerancia al vuelco en trigo pan en el sudeste bonaerense.

I Congreso Internacional Científico Tecnológico de la provincia de Buenos Aires. La Plata, Argentina, 19-20 de septiembre de 2013. Tolerancia al vuelco en trigo pan.

7.6. TRABAJOS EN REALIZACIÓN. (Indicar en forma breve el estado en que se encuentran)

Mirabella, NE. Trabajo de tesis para ser presentado como requisito para optar al Título de MAGISTER SCIENTIAE en Producción Vegetal. Identificación y validación de variables asociadas con la susceptibilidad al vuelco en trigo pan en el sudeste bonaerense. En corrección interna.

8. OTROS TRABAJOS REALIZADOS. (Publicaciones de divulgación, textos, etc.)

8.1. DOCENCIA

8.2. DIVULGACIÓN

8.3. OTROS

9. ASISTENCIA A REUNIONES CIENTÍFICAS. (Se indicará la denominación, lugar y fecha de realización y títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas)

- "XLIII Congreso Argentino de Genética y IV Reunión Region SAG-La Pampa Patagonia. Bariloche, Argentina, 19-22 de octubre de 2014. Asistente.

- Seminario Internacional: Un siglo de mejoramiento de Trigo en La Estanzuela. INIA La Estanzuela. Colonia, Uruguay. 27- 29 de agosto, 2014. Asistente.

- XLII Congreso Argentino de Genética y III Reunión Regional SAG-NOA. Asistencia a Foro de Recursos Genéticos. 22 de Octubre de 2013, Salta, Argentina.

- I Congreso Internacional Científico Tecnológico de la provincia de Buenos Aires. La Plata, Argentina, 19-20 de septiembre de 2013.

10. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC. (Señalar características del curso o motivo del viaje, duración, instituciones visitadas y si se realizó algún entrenamiento)

-Curso "Marker-Assisted Plant Breeding" del Dr. Rex Bernardo y la Dra. Lucía Gutierrez. 24-27 de Febrero de 2015, Universidad de la República, Maldonado, Uruguay.

- Laboratorio de idiomas UNMdP. Inglés: Nivel 5, 120hs, abril-noviembre 2013.

- Asistencia a la Capacitación sobre "Seguridad en laboratorios" en la EEA Balcarce, 26 de abril de 2013

11. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO

12. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO

Auxiliar adscripto; Cátedra de Genética (FCA, UNMdP). 01 de abril de 2014- 30 de julio de 2014. Dedicación simple.

Auxiliar adscripto; Cátedras de Genética y Mejoramiento Genético (FCA, UNMdP). 01 de abril de 2013- 28 de febrero de 2014. Dedicación simple

13. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES (Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período)

- Simposio "Un Quintal de Años de Trigo". Primer centenario del inicio del mejoramiento de trigo en la Argentina". 14 de noviembre de 2014, EEA INTA- Balcarce, Ruta 226 Km 73.5, Balcarce. Integrante del comité organizador.

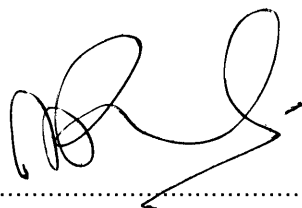
- Asistencia a "Jornada de presentación de resultados de la RET (Red de Ensayos Comparativos de Trigo)". 27 de marzo de 2015. EEA INTA Balcarce, Ruta 226 Km 73,5.
- Asistencia a "Jornada a campo: Visita a la RET (Red de Ensayos Comparativos de Trigo) Balcarce. Grupo Trigo Balcarce. 22 de noviembre de 2014. EEA INTA Balcarce, Ruta 226 Km 73,5.
- Participación en la "XV Feria de Universidades 2014". Actividad de extensión universitaria. 13 de junio de 2014.
- Asistencia a la Capacitación sobre "Seguridad en laboratorios" en la EEA Balcarce, 26 de abril de 2013
- Asistencia a "Jornada de presentación de resultados de la RET (Red de Ensayos Comparativos de Trigo)". 04 de abril de 2013. EEA INTA Balcarce, Ruta 226 Km 73,5.
- Asistencia a "Jornada a campo: Visita a la RET (Red de Ensayos Comparativos de Trigo) Balcarce. Grupo Trigo Balcarce. 22 de noviembre de 2013. EEA INTA Balcarce, Ruta 226 Km 73,5.
- Presentación de ensayos realizados en el marco de la Beca en visitas al campo experimental del grupo Trigo de la EEA INTA Balcarce ante grupos de productores de Ucrania, Brasil, Estados Unidos y Argentina (22/11/2013, 27/11/2013, 28/11/2013, 05/12/2013, 12/12/2013)

14. TITULO DEL PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PERIODO DE PRORROGA O DE CAMBIO DE CATEGORÍA (Deberá indicarse claramente las acciones a desarrollar)

Condiciones de Presentación

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Becario, la que deberá incluir:
- a. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 14).
 - b. Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, deben agregarse al término del desarrollo del informe
 - c. Informe del Director de tareas con la opinión del desarrollo del becario (en sobre cerrado).

Nota: El Becario que desee ser considerado a los fines de una prórroga, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.



Firma del Director

Dra. Clara
Pontaroli



Firma del Becario

NADIA ESTEFANÍA MIRABELLA

Formulario Informe Científico de Beca 7

PLAN DE ACTIVIDADES PRESENTADO CON SOLICITUD DE BECA

TEMA DE INVESTIGACIÓN:

Identificación y validación de variables asociadas con la tolerancia al vuelco en trigo pan

FORMULARIO II – PLAN Y LUGAR DE TRABAJO

En páginas agregadas a ésta (hasta un máximo de ocho) se desarrollará el Plan de Trabajo de acuerdo a los siguientes títulos:

Del plan de trabajo

1. Denominación del trabajo.
2. Definición del problema y estado actual del conocimiento sobre la cuestión.
3. Trabajo previo realizado referente a este proyecto
4. Objetivo(s) general(es) y objetivos particulares.
5. Métodos y técnicas a emplear.
6. Cronograma mensual de actividades a desarrollar en el período de la beca.
7. Bibliografía.
8. Vinculación del plan de trabajo con otros proyectos de investigación en ejecución en el mismo lugar de trabajo.

Del lugar de trabajo

9. Identificación del lugar donde se realizará el plan de trabajo
10. Descripción de la infraestructura y servicios disponibles en relación a los requerimientos del plan de trabajo.

* * * * *

FORMULARIO II- PLAN Y LUGAR DE TRABAJO

1. Denominación

Identificación y validación de variables asociadas con la tolerancia al vuelco en trigo pan

2 y 3. Definición del problema y estado actual del conocimiento sobre la cuestión y Trabajo previo realizado referente a este proyecto

El trigo pan (*Triticum aestivum*) es el principal cereal de invierno cultivado en Argentina. Actualmente, el desarrollo de variedades comerciales es llevado a cabo tanto por empresas privadas como por el INTA. Uno de los objetivos centrales del mejoramiento genético de este cultivo es el incremento del rendimiento en grano por unidad de superficie. Uno de los obstáculos para obtener el rendimiento potencial alcanzable en cultivos manejados con alta tecnología es el riesgo de vuelco o acame que presentan la mayoría de las variedades disponibles (Abbate *et al.*, 2007). El vuelco es la pérdida de la normal posición vertical de los tallos. Es una característica indeseable ya que puede disminuir el rendimiento por impedir la llegada de fotosintatos a la espiga, reducir la calidad del grano por aumento de infecciones fúngicas o al menos bajar la eficiencia de cosecha (Kelbert *et al.*, 2004a; Abbate *et al.*, 2007; Loyce *et al.*, 2008).

Existen dos tipos de vuelco: uno debido al doblado o quiebre de los entrenudos basales del tallo y otro debido a fallas en la capacidad de anclaje del sistema radical (Berry *et al.*, 2003; Sterling *et al.*, 2003). La mayoría de las variedades argentinas de trigo pan presentan vuelco debido al doblado de los entrenudos basales del tallo en condiciones de alto rendimiento, ya sea por condiciones climáticas favorables (como abundancia de precipitaciones y/o viento) o por ser cultivadas bajo condiciones de alta tecnología de producción, es decir, dosis elevadas de fertilizantes y riego complementario (Abbate *et al.*, 2007). Por consiguiente, el vuelco es resultado de la interacción planta-suelo-clima, y es afectado por prácticas agronómicas (Berry *et al.*, 2003; Sterling *et al.*, 2003). Afortunadamente existe variabilidad genética para la tolerancia al vuelco. Esta ha sido relacionada en mayor o menor medida con la altura de la planta, el diámetro del tallo, el grosor de la pared del tallo, la fuerza del material de los entrenudos basales (ver Kelbert *et al.*, 2004a y Berry *et al.*, 2007) y el contenido de lignina (Ma, 2009), entre otros atributos. Sin embargo, estas relaciones se han establecido para cultivares extranjeros y en ambientes distintos a los del sudeste bonaerense, y no son siempre consistentes ni extrapolables.

En la Unidad Integrada Balcarce se conducen anualmente Ensayos Comparativos de Rendimiento de Trigo Pan bajo condiciones de Alta Tecnología (RET-AT), que forman parte de una Red nacional coordinada por el Instituto Nacional de Semillas (INASE). En estos ensayos, que incluyen la mayoría de los cultivares de alto rendimiento presentes en el mercado, se determina el rendimiento de grano, variables fenológicas y un índice de vuelco (Abbate *et al.*, 2009). Para determinar el índice de vuelco (IV) (Stapper y Fischer, 1990; Abbate, 2007) se tiene en cuenta el ángulo de inclinación de los tallos respecto de la vertical (A) y la superficie afectada (S) de cada parcela. El índice se calcula como $A/90^\circ \times S \times 100$, por lo cual 0% indica ausencia de vuelco y 100% todos los tallos horizontales en toda la parcela. En base a este índice, determinado en varios

ciclos agrícolas, ha sido posible clasificar a algunos de los cultivares evaluados en susceptibles o tolerantes al vuelco (Abbate *et al.*, 2009; Abbate *et al.*, 2010 y otros datos no publicados). Por consiguiente, en la actualidad existen en Argentina algunos cultivares de trigo (comerciales o no) de mejor comportamiento al vuelco. Para que este carácter pueda ser fijado en el proceso de mejoramiento genético en tanto que se mejoran otros, sería deseable conocer qué atributos de la planta se asocian al mismo, son fáciles de determinar a gran escala y pueden ser evaluados relativamente independientes de las condiciones ambientales. Este último punto es de gran relevancia, dado que las condiciones que predisponen al vuelco no se presentan frecuentemente, y no siempre es factible inducir las en forma artificial (Berry *et al.*, 2007; Kelbert *et al.*, 2004b).

A partir de la investigación previa llevada a cabo por N. Mirabella en la beca de estudiante avanzado de la UNMdP (OCS 1197/10): "Identificación de atributos asociados con la tolerancia al vuelco en trigo pan para su utilización en el mejoramiento genético" se identificaron variables aparentemente asociadas al vuelco, que fueron medidas en un ensayo bajo condiciones de alta tecnología. Como resultado de ese proyecto de beca se contará con información preliminar que indique cuáles son los atributos más asociados con la tolerancia al vuelco en cultivares de difusión local.

Sin embargo, dado que dicha asociación fue establecida en un número limitado de cultivares y en base a datos históricos de índice de vuelco, es necesario realizar experimentos adicionales para determinar si esta asociación se mantiene a través de un espectro más amplio de cultivares y en diferentes condiciones de cultivo, inclusive aquellas especialmente favorables para la ocurrencia de vuelco.

4. Objetivo general

Validar la asociación de variables fenotípicas de fácil medición (identificadas previamente en trabajos propios y ajenos) con la tolerancia al vuelco en trigo pan, y con ellas desarrollar un modelo que permita comparar materiales genéticos en las condiciones ambientales del sudeste de la provincia de Buenos Aires.

Objetivos particulares

- 1) Determinar la susceptibilidad al vuelco de 12 cultivares de trigo presentes actualmente en la RET-AT, contrastantes para variables tentativamente asociadas con el vuelco (VV), en condiciones predisponentes a la ocurrencia de vuelco.
- 2) Medir VV en los 12 cultivares mencionados en el objetivo 1, en condiciones de alta tecnología.
- 3) Generar un modelo que asocie las VV con la susceptibilidad al vuelco.

5. Métodos y técnicas a emplear

1) Determinación de la susceptibilidad al vuelco de 12 cultivares de trigo (experimento 1): Se seleccionarán doce cultivares de trigo contrastantes para aquellas variables más asociadas a la tolerancia al vuelco según datos preliminares generados por el grupo de trabajo (Mirabella y colaboradores, datos no publicados). La susceptibilidad al vuelco se determinará en un ensayo de campo bajo labranza convencional, en un suelo Argiudol típico del campo experimental de la Unidad Integrada Balcarce. El experimento será realizado bajo un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. El manejo del mismo será con alta disponibilidad de nutrientes y agua desde estadios tempranos del cultivo, con control de plagas y enfermedades. La unidad experimental consistirá en una parcela de surcos separados a 0,2 m, por 5,5 m de largo. A partir de anthesis y hasta la madurez, se registrará el índice de vuelco en forma periódica, siguiendo la metodología descrita previamente (Stapper y Fischer, 1990; Abbate, 2007). La variable será analizada mediante ANVA y, en caso de diferencias significativas entre medias, con la prueba de mínima diferencia significativa (Steel y Torrie, 1980).

2) Evaluación de las variables tentativamente asociadas con el vuelco (experimento 2): Se tomarán muestras de vástagos de los 12 cultivares seleccionados, en los ensayos de la RET-AT, conducidos de acuerdo al protocolo descrito por Abbate *et al.* (2009). Previo a la cosecha del grano, en cada parcela (de siete surcos de 5,5 m de largo, distanciados 0,2 m entre sí) se tomarán cuatro submuestras de 25 vástagos cortados al ras del suelo. También se consignará el índice de vuelco. Los vástagos colectados serán fraccionados, separando las espigas, hojas, tallos y las bases de los tallos. Todas las fracciones serán pesadas luego de secarlas en estufa a 60°C hasta peso constante. Las bases de los tallos serán conservadas para su procesamiento posterior. Se medirá la longitud de los entrenudos basales, y con el peso seco de los mismos se calculará la densidad bruta de la base del tallo. Se determinará el diámetro y el grosor de la pared en secciones transversales de la base del tallo por medio del análisis de fotos tomadas con una cámara digital con lupa sobre un porta objetos graduado (Neubauer). Con estos datos también se calculará la relación entre diámetro interno y externo del entrenudo. A madurez se determinará el rendimiento, el peso por grano, el número de granos por unidad de superficie, el índice de cosecha y el peso seco total del cultivo, de cada parcela. Para cada variable se compararán las medias a través de ANVA y prueba de mínima diferencia significativa.

3) Generación de un modelo: A través de técnicas matemáticas, algebraicas, numéricas y estadísticas, se intentará construir un modelo que asocie las variables medidas en punto anterior con la susceptibilidad al vuelco, que permita comparar materiales genéticos en diferentes condiciones ambientales.

6. Cronograma mensual de actividades y tareas a desarrollar en el período de duración de la beca.

Actividad	Mes
-----------	-----

(obj. particular)	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2									X	X	X	
3											X	X

7. Bibliografía

- Abbate PE (2007) Efecto del cloromecuato en trigo. Actas: Reunión-Taller Reguladores de crecimiento y bioestimulantes en cultivos extensivos. Balcarce, Bs. As, 2-jun-2007.
- Abbate PE, Lorenzo M, Toledo JI, Cabral A (2009) Red de evaluación de cultivares de trigo pan con alta tecnología (RET-AT): Resultados obtenidos en Balcarce durante la campaña 2008/09. MAGyP, INASE, <http://www.inase.gov.ar>
- Abbate PE., Lorenzo M, Toledo JI y Cabral A (2010) Red de evaluación de cultivares de trigo pan con alta tecnología (RET-AT): Resultados obtenidos en Balcarce durante la campaña 2010/11. MAGyP, INASE, <http://www.inase.gov.ar>
- Berry PM, Sterling M, Baker CJ, Spink JH, Sparkes DL (2003a) A calibrated model of wheat lodging compared with field measurements. *Agric Forest Meteor* 119:167–180.
- Berry PM, Spink J, Sterling M, Pickett A. (2003b) Methods for Rapidly Measuring the Lodging Resistance of Wheat Cultivars. *J Agron Crop Sci* 189: 390-401.
- Berry PM, Silvestre-Bradley R, Berry S (2007) Ideotype design for lodging-resistant wheat. *Euphytica* 154:165-179.
- Loyce C, Meynard JM, Bouchard C, Rolland B, Lonnet P, Bataillon P, Bernicot MH, Bonnefoy M, Charrier X, Debote B, Demarquet T, Duperrier B, Félix I, Heddadj D, Leblanc O, Leleu M, Mangin P, Méausoone M, Doussinault G (2008) Interaction between cultivar and crop management effects on winter wheat diseases, lodging, and yield. *Crop Protection* 27:1131-1142.
- Kelbert AJ, Spaner D, Briggs KG, King JR (2004a) The association of culm anatomy with lodging susceptibility in modern spring wheat genotypes. *Euphytica* 136: 211–221.
- Kelbert AJ, Spaner D, Briggs KG, King JR (2004b) Screening for lodging resistance in spring wheat breeding programmes. *Plant Breed* 123: 349-354.
- Ma QH (2009) The expression of caffeic acid 3-O-methyltransferase in two wheat genotypes differing in lodging resistance. *J Exp Bot* 60: 2763-2771.
- Stapper M, Fischer R (1990) Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in Southern New South Wales. II. Growth, yield and nitrogen use. *Aust J Agric Res* 41:1021-1041.
- Steel R, Torrie J (1980) Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York.
- Sterling M, Baker CJ, Berry PM, Wade A (2003) An experimental investigation of the lodging of wheat. *Agric Forest Meteor* 119: 149–165.

8. Inserción del plan a desarrollar en el proyecto mayor de investigación con que se articula.

El presente plan de trabajo está enmarcado en los Proyectos Nacionales del INTA denominados PNCER 021311 ("Desarrollo y evaluación de germoplasma de trigo pan adaptado a estrés abiótico y biótico en la región triguera argentina") y PNCER 21361 ("Bases fisiológicas y genéticas para entender y mejorar el rendimiento potencial y real en cereales"), y en el Convenio de Vinculación Tecnológica INTA-Bioceres ("Desarrollo de variedades de trigo pan").

9. Identificación del lugar donde se realizará el plan de trabajo

El trabajo se realizará en el Laboratorio de Manejo de Trigo y otros cereales de invierno, Área de Investigación en Agronomía, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA. Ruta 226 km 73,5. Balcarce (7620).

10. Descripción de la infraestructura y servicios disponibles en relación a los requerimientos del plan de trabajo.

Para el desarrollo del presente plan se de los recursos necesarios para llevar adelante el experimento 1: ensayo de campo (campo experimental, maquinarias, agroquímicos); y de un laboratorio equipado con estufa y los instrumentos de medición necesarios para realizar las determinaciones del experimento 2, citados a continuación: balanzas, cinta métrica, calibre digital, cámara digital con lupa y porta objetos graduado. Además se cuenta con los elementos de protección necesarios para realizar el trabajo en el campo y laboratorio.

PLAN DE TRABAJO correspondiente a la prórroga solicitada para el segundo año de Beca de Estudio

TEMA DE INVESTIGACIÓN:

Identificación y validación de variables asociadas con la tolerancia al vuelco en trigo pan en el Sudeste Bonaerense.

DESCRIPCIÓN DEL PLAN (no más de 500 palabras):

Los objetivos de un segundo año de beca y las tareas para su cumplimiento se presentan a continuación:

(1) Validación del modelo obtenido con los datos del primer año de beca.

Se ampliará el análisis de los datos obtenidos durante el primer año de beca y se validará el modelo generado con datos de al menos 5 cultivares no utilizados para obtener el mismo. Los datos se obtendrán de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Trigo Pan bajo condiciones de Alta Tecnología (RET-AT), que forman parte de una Red nacional coordinada por el Instituto Nacional de Semillas (INASE), conducidos durante los ciclos agrícolas 2010- 2011 y 2011-2012.

(2) Evaluación de las variables asociadas significativamente con el índice de vuelco en diferentes condiciones ambientales y/o de manejo.

Se conducirá un experimento a campo que incluirá dos variedades comerciales (BAGUETTE 10 y SY 110) bajo 6 condiciones de cultivo: (1) testigo (protocolo de la RET de trigo con alta tecnología), (2) reducción de la densidad de siembra en 50%, (3) siembra en camas (eliminación de 1 surco cada 2), (4) reducción de la radiación incidente en 50% (cobertura con redes de sombreado), (5) reducción del nitrógeno disponible (agregado de 1 kg de azúcar por parcela semanalmente), (6) reducción de biomasa vegetativa durante el macollaje dejando 5 cm en altura del material vegetal (corte). Los tratamientos se dispondrán según un diseño en bloques completos aleatorizados con arreglo factorial y tres repeticiones. La unidad experimental consistirá de una parcela de siete surcos de 5,5 m de largo, distanciados 0,2 m entre sí. Se determinará la altura de la parcela, el rendimiento, el peso por grano, el número de granos por unidad de superficie, el rendimiento por espiga, el número de espigas por unidad de superficie, el índice de cosecha, y la biomasa de cultivo por unidad de superficie y por vástago, de cada parcela. Además, se obtendrán muestras de vástagos con el fin de determinar las variables significativas para el modelo. Para cada variable se determinará la existencia de diferencias entre las medias a través de ANVA y se las hubiere se las comparará por medio de la prueba de mínima diferencia significativa (MDS).

(3) Redacción y publicación de trabajos científicos.

(4) Completar las horas de curso requeridas para la Maestría y la redacción del manuscrito de Tesis, el cual incluye el proyecto de esta beca.