

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
LA PLATA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS y
FORESTALES**

**TESIS DOCTORAL
ING. AGR. SILVINA INES GOLIK**

**Efecto de los sistemas de labranza, fertilización
nitrogenada y genotipo sobre el sistema radical
en etapas avanzadas del cultivo de trigo y su
incidencia en el rendimiento, calidad y sanidad.**

DIRECTOR: ING.AGR. HUGO OSCAR CHIDICHIMO

CO-DIRECTOR: ING. AGR.(MSc., PhD.) MARIA ROSA
SIMON

Organización de la tesis:

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN GENERAL	3-19
Capítulo 2: MATERIALES Y METODOS	20-26
Capítulo 3: MATERIA SECA AEREA Y RADICAL EN POSTANTESIS BAJO DOS SISTEMAS DE LABRANZA Y FERTILIZACION NITROGENADA	27-71
Capítulo 4: ACUMULACION, REMOVILIZACION Y ABSORCION DE N y ACTIVIDAD RADICAL EN POSTANTESIS BAJO DOS SISTEMAS DE LABRANZA Y FERTILIZACION NITROGENADA	72-105
Capítulo 5: EFFECTO DE PRACTICAS DE MANEJO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD Y SU RELACIÓN CON LA MATERIA SECA AEREA Y RADICAL POSTANTESIS	106-122
Capítulo 6: EFFECTO DE ENFERMEDADES FOLIARES Y SU CONTROL CON FUNGICIDA SOBRE LA MATERIA SECA RADICAL Y AEREA, RENDIMIENTO Y CALIDAD EN TRIGO	123-143
Capítulo 7: DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES	144-162

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN GENERAL

RESUMEN

El N es un elemento esencial para lograr altos rendimientos y calidad nutricional e industrial en trigo, causando, a su vez, modificaciones en la severidad de ciertas enfermedades. Se encuentra involucrado en todos los procesos metabólicos de las plantas. Su absorción y partición se encuentra determinada en gran medida por la disponibilidad y demanda durante varios estadios fenológicos del cultivo, que depende del genotipo y sistema de labranza empleados. Se conoce que el N absorbido previo a la antesis, en los cereales invernales, representa alrededor del 50 al 75 % del N total en la planta a cosecha. En condiciones de alta fertilidad del suelo la absorción postantesis resulta igualmente importante porque está positivamente correlacionada con la proteína del grano, con el índice de cosecha de N y probablemente con el rendimiento o al menos a su mantenimiento frente a un aumento en el número de granos. Sin embargo, la reducción en los niveles de absorción postantesis es común en situaciones normales a campo donde la disponibilidad de N a partir de floración se hace escasa. Si la restricción que impone el agotamiento del N del suelo se supera con ofertas mayores (por ejemplo con aportes por fertilización) se pueden observar aumentos en la absorción post floración. De este modo la curva de acumulación de N sigue la marcha de la acumulación de la materia seca permitiendo a su vez una mayor duración del área foliar en etapas más avanzadas dado que la fotosíntesis y el metabolismo del nitrógeno están íntimamente relacionados. Por lo tanto se debe asumir que la actividad radical y la actividad fotosintética foliar son procesos mutuamente regulados que pueden mantenerse en el tiempo. Aunque poco es conocido acerca del desarrollo de la raíz y su actividad bajo condiciones de campo, es probable que el crecimiento de la raíz disminuya y la densidad de raíces decrezca durante el llenado de grano, como ha sido citado por diversos investigadores, que han encontrado que la tasa máxima de crecimiento de las mismas se alcanza en floración. Sin embargo, ésto no implica que su actividad en cuanto a la absorción de nutrientes no pueda mantenerse más allá de dicho estadio fenológico. Los objetivos del proyecto son: a) analizar la actividad radical en cuanto a la absorción de N y la duración de la misma y su grado de

incidencia sobre la utilización de dicho nutriente por la planta, b) determinar si existe variabilidad en la actividad radical entre genotipos y c) determinar la incidencia de la actividad radical sobre el rendimiento, calidad y sanidad; en etapas tardías del desarrollo del cultivo, bajo fertilización nitrogenada y diferentes sistemas de labranza. Se sembraron dos experimentos a campo y uno en contenedores, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, UNLP. El diseño experimental fue en parcelas divididas, con tres repeticiones. La parcela principal correspondió a los sistemas de labranza: sistema convencional (LC) y siembra directa (SD). La sub-subparcela correspondió a los cultivares: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y la subsubparcela correspondió a los tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en forma de urea. Los resultados fueron procesados mediante ANVA. Las medias se compararon mediante el test de Tukey ($P=0.05$). En el presente trabajo, la materia seca radical (MSR) resultó menor bajo SD. Si bien con la fertilización se logró un incremento de la materia seca y la longitud, no hubo una modificación marcada de la distribución radical. Entre los cultivares, la interacción con los sistemas de labranza, resultó el mejor indicador de su comportamiento. BB fue el que presentó menor materia seca radical bajo siembra directa. BBR fue el de mayor materia seca radical en siembra directa y el de mayor respuesta frente al agregado de N. BP mostró un comportamiento intermedio. La acumulación de N en la planta resultó menor en SD que bajo LC, aún con el agregado de fertilizante, sugiriendo la existencia de otros factores condicionantes, además del probable déficit de N en el suelo. La SD si bien no presentó diferencias con la LC en el N absorbido postantesis, sí lo hizo en el acumulado preantesis. Los tratamientos de fertilización N presentaron efecto significativo sobre la acumulación de N en todas las etapas consideradas, incrementándose el N acumulado con dosis crecientes de N aplicado. El aporte del N removilizado hacia la espiga del acumulado en los tejidos vegetativos previo a la antesis y del acumulado postantesis se incrementó con el agregado de fertilizante. Los cultivares tuvieron un comportamiento diferencial ante los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización en lo relacionado con la acumulación y partición del N. Mientras que la materia seca aérea (MSA) se incrementó paulatinamente para cada estado fenológico considerado en ambos ensayos, la MSR presentó un comportamiento diferente. Si bien con el agregado de N la MSR mejoró su producción, en términos generales, disminuyó desde antesis hacia madurez. No obstante su actividad específica (SARn) no sólo

se mantuvo relativamente constante sino que incluso aumentó durante la última etapa analizada, lo que sugiere que el N acumulado en el grano por el cultivo no sólo proviene del N removilizado sino también del absorbido postantesis. Esto queda corroborado por la correlación positiva hallada entre la SARn y el N absorbido postantesis, indicando que la actividad radical es un proceso que puede mantenerse durante estados avanzados del cultivo bajo buenas condiciones de fertilidad del suelo. Para todos los estados analizados la MSR, estuvo positivamente relacionada tanto con los componentes de la calidad (gluten húmedo y proteína) como con el rendimiento. Presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total y la MSA. La SAR presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total y la MSA en madurez. Respecto a la sanidad, las correlaciones halladas confirman la importancia de mantener el cultivo libre de estos patógenos. Su presencia afecta la MSA, como la MSR, reduciendo tanto el rendimiento, como la calidad, a través de la disminución en la acumulación de N en grano y en la cantidad de proteína. En el caso del sistema radical, el efecto fue más marcado sobre la materia seca que sobre su actividad.

Introducción

El trigo como los demás cereales, es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Gramíneas, tribu Hórdeas, siendo el trigo pan, *Triticum aestivum* L. y el trigo fideos, *Triticum durum*. Cultivado como alimento desde tiempos prehistóricos por los pueblos de las regiones templadas, ahora es el cereal más importante de dichas regiones.

La producción mundial de trigo en el último trienio, fue aproximadamente 603 millones de toneladas. La Unión Europea es el principal productor, con 119,77 millones de toneladas, aportando alrededor del 20 % del volumen recolectado a nivel mundial. Le sigue China (17 %), India (12,5), Estados Unidos (10 %), Federación Rusa (7%), Francia (6%), Canadá (4%), Australia (4%) y Argentina (2,5%) (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, SAGPyA, 2007)

La producción total nacional para la campaña 2007/08 fue de 16,0 millones de toneladas, presentando una superficie sembrada de 5,6 millones de hectáreas y un rendimiento de 2.832 kg/ha. El mercado interno absorbe entre 4,5 y 5,0 millones de toneladas, cuyo principal destino son las harinas para panificación (70,0%), el resto es para galletitas (8,6 %), pastas secas (7,0%), pastas frescas y otros usos (7,0%). El resto, alrededor de 10 millones de toneladas se exporta, esta cantidad de trigo es variable según los años ya que depende del volumen total de la producción. Los países compradores más importantes del trigo argentino son Brasil, Perú, Chile, Paraguay, Egipto, Irán e Indonesia. De todos ellos se destaca Brasil, que compra alrededor del 70 % del total del saldo exportable argentino.

Actualmente, Argentina como país productor y exportador debe competir con Canadá, que es el productor del trigo de mejor calidad del mundo junto con Estados Unidos y Australia, países que segregan sobre la base de los requerimientos de sus compradores, ofreciendo diversidad y garantía de calidad. En el comercio internacional, los trigos de esta naturaleza tienen un precio diferencial. Argentina históricamente ha colocado su saldo exportable por bajos precios y no por su condición, aunque tiene trigos de muy buena calidad que luego se pierde al mezclarlos, por lo que se ofrece al mercado internacional, salvo casos puntuales, trigos “commodities”, sin distinción alguna por aptitud de uso, recibiendo un precio inferior al que se podría obtener si se clasificara. La industria actualmente es muy exigente con las características de las harinas que deben ser usadas para la mayor aceptación por parte del consumidor. Ganar dichos mercados también implica, además de segregar, garantizar otras condiciones básicas tales como consistencia, confianza, asesoramiento, difusión y trazabilidad.

Todo indica que en los próximos años se producirá un aumento muy marcado de la demanda por calidades definidas de los trigos. Desde el ámbito oficial y con el objetivo de satisfacer esta demanda cada día más selectiva de los mercados compradores, se ha puesto en marcha el “Programa Nacional de Calidad de Trigo”, cuyo principal objetivo es aumentar la competitividad del trigo argentino en términos de su calidad, propendiendo a incrementar la condición general, mejorando su presentación, permitiendo ofrecer una amplia gama de productos de acuerdo con los requerimientos de la demanda (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, SAGPyA, 2007).

La necesidad de incrementar la productividad de trigo, manteniendo la calidad industrial del grano resulta, por lo expuesto anteriormente, indispensable. Bajo condiciones que permitan que la absorción de N continúe durante el llenado del grano (alta fertilidad natural, aplicaciones tardías de N, buena disponibilidad hídrica, sanidad) el contenido de proteína y almidón se acumula casi linealmente hasta la madurez. No obstante, esto podría depender de otros factores tales como los cultivares y el manejo utilizado que pueden generar diferentes estrategias de crecimiento y funcionalidad de las raíces.

1. Antecedentes:

1.1. Raíces: importancia y producción:

Las raíces son los órganos que en la mayoría de los cultivos, absorben cerca de la totalidad del agua y los nutrientes; siendo, a su vez, sitios de elaboración de productos que mantienen la integridad raíz-tallo y proveen de anclaje a los tallos para que éstos puedan expandir sus hojas y capturar radiación. El patrón de crecimiento y desarrollo de las mismas está fuertemente unido al del tallo. En cereales, el desarrollo de los ejes radicales está altamente asociado con la producción de hojas y de tallos, de ahí que el número de hojas pueda ser usado para predecir el número potencial de ejes (Gregory, 1983; Klepper *et al.*, 1984; Gregory, 1987).

La acumulación de materia seca radical en el tiempo, generalmente, describe un patrón sigmoidal comúnmente observado para la materia seca aérea, aunque las fases de rápido crecimiento y decaimiento pueden no coincidir enteramente. La floración aparece como un estado de particular importancia, después del cual, los asimilados son requeridos principalmente para llenar los granos en crecimiento, dejando poca cantidad para las raíces (Gregory & Atwell, 1991). De acuerdo con muchos estudios, la materia seca radical de los

cereales, raramente se incrementa después de floración y puede decrecer sustancialmente, dependiendo, de las condiciones del suelo (Gregory, 1991; Gregory *et al.*, 2004). Generalmente las condiciones del suelo, durante las etapas tempranas del crecimiento del cultivo son favorables y existe solo una pequeña cantidad de raíces muertas. Sin embargo, a medida que se avanza en la estación de crecimiento, tanto la senescencia natural como la incidencia de condiciones no favorables (escasez de nutrientes, baja disponibilidad hídrica, altas temperaturas, falta de sanidad) se acentúan, por lo tanto es imposible determinar con plena exactitud la cantidad de materia seca que el cultivo ha invertido en el sistema radical. Existe mucha especulación acerca de la magnitud de las pérdidas de carbono desde la raíz hacia el suelo y su impacto sobre la biomasa del suelo. Gregory & Atwell (1991) encontraron que en plantas jóvenes de trigo, cerca del 33 % de los fotoasimilados fueron hacia la raíz, del cual la mitad fue utilizado para respiración. Después de anthesis sólo un 9 % de los fotoasimilados fueron particionados a los componentes radicales.

1.2. Raíz/tallo, asignación de materia seca:

Es conocido que el crecimiento de los sistemas radicales y sus tallos es un proceso integrado en el cual la homeostasis es mantenida como consecuencia tanto del tamaño como la actividad de los dos sistemas. Brouwer (1963) fue uno de los primeros en analizar los cambios en el tamaño relativo de los sistemas radicales y aéreos en respuesta al medio ambiente dependiendo de la facilidad relativa con que los recursos necesarios son obtenidos desde el mismo. Esa relación raíz/tallo puede variar para compensar modificaciones en la actividad de los tallos y de las raíces inducidas por cambios en los ambientes edáficos, climáticos y culturales. Diversas investigaciones han explorado la absorción de N y la síntesis de carbohidratos de plantas al estado vegetativo con resultados exitosos en la descripción de la respuesta del cultivo a la disponibilidad de N. Ha sido frecuente el estudio de la partición raíz/tallo de la materia seca como indicador del costo del sistema radical en el balance general del cultivo. La asignación de carbono hacia la raíz cambia con la ontogenia del cultivo y con las condiciones de crecimiento. Normalmente la relación peso radical/peso del tallo es de alrededor de 0.4 durante el crecimiento temprano, disminuyendo a medida que el cultivo comienza a crecer rápidamente a valores de alrededor de 0,1 y 0,2 en floración (Gregory, 1991). Sin embargo esa relación puede variar de acuerdo con la disponibilidad de recursos (Hamblin *et al.*, 1990). En general, una escasez de recursos en el medio ambiente radical causa un cambio en el destino de los asimilados, a favor de un incremento del tamaño del

sistema radical relativo a los tallos (Sharp & Davies, 1979; Bradford & Hsiao, 1982; Setter, 1990; Blum, 1996). Un aumento de dichos recursos provoca un efecto contrario. Existen numerosos trabajos, realizados principalmente en antesis, donde frente a aplicaciones de fertilizante si bien se incrementa la producción de materia seca de toda la planta, el incremento relativo de las raíces es menor (Barraclough, 1989; Gregory, 1991)

1.3. Importancia del N y su absorción por el cultivo:

El N es un elemento esencial para lograr altos rendimientos y calidad nutricional e industrial en trigo. Se encuentra involucrado en todos los procesos metabólicos de las plantas, su absorción y partición se encuentra determinada en gran medida por la disponibilidad y demanda durante los distintos estados fenológicos del cultivo. Su disponibilidad en el suelo debe ser elevada durante todo el ciclo del trigo, aún en estados avanzados, ya que este cereal requiere importantes cantidades para el desarrollo y crecimiento de sus órganos reproductivos y para lograr alta concentración de proteínas en el grano.

Se conoce que el N absorbido previo a la antesis, en los cereales invernales, representa alrededor del 50 al 75 % del N total en la planta a cosecha (Austin *et al.*, 1976; Spiertz & Ellen, 1978; Heitholt *et al.*, 1990), dependiendo entre otros factores del cultivar empleado (Cox *et al.*, 1985; Takahashi *et al.*, 1996) y que en condiciones de alta fertilidad del suelo la absorción postantesis resulta igualmente importante porque está positivamente correlacionada con la proteína del grano, con el índice de cosecha de N (Spiertz & Ellen, 1978; Perez *et al.*, 1983; Sarandón & Caldiz, 1990; Sarandón *et al.*, 1997) y probablemente con el rendimiento en grano (Ottman *et al.*, 2000). Esta absorción se encuentra mucho más influenciada por los factores ambientales como la temperatura, humedad y disponibilidad de agua (Frederick & Bauer, 1999) y N (Papakosta & Gagianas, 1991) que la absorción previa a la antesis. Sin embargo, la reducción en los niveles de absorción postantesis es común en situaciones normales a campo donde la disponibilidad de N a partir de floración se hace escasa. Si la restricción que impone el agotamiento del N del suelo se supera con ofertas mayores (por ejemplo con aportes por fertilización o dosis divididas) se pueden observar aumentos en la absorción post floración (Osaki *et al.*, 1997; Delogu *et al.*, 1998; Ruiz, 2001). En este caso la magnitud del N absorbido hasta floración (en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) también es mayor, pero la proporción que representa del total absorbido hasta la madurez se reduce (Spiertz & Ellen, 1978; Dalling, 1985; Campbell *et al.*, 1983; Delogu *et al.*, 1998; Ruiz, 2001).

En la medida que la restricción nitrogenada es menos marcada, la curva de acumulación sigue la marcha de la acumulación de la materia seca permitiendo a su vez una mayor duración del área foliar en etapas más avanzadas dado que la fotosíntesis y el metabolismo del nitrógeno están íntimamente relacionados (Osaki *et al.*, 1997; Ruiz, 2001). La actividad del aparato fotosintético depende del abastecimiento de N, que contribuye a la formación de proteínas estructurales y funcionales del cloroplasto. El metabolismo del N, por otro lado, es un proceso que demanda energía provista por el aparato fotosintético. Por lo tanto se debe asumir que la actividad radical y la actividad fotosintética foliar son procesos mutuamente regulados que pueden mantenerse en el tiempo, especialmente con ciertas prácticas de manejo como ser aplicaciones de dosis de N que aseguren una buena disponibilidad de este nutriente en estados avanzados del cultivo.

A su vez este proceso de alta actividad radical durante etapas tardías del cultivo llevaría a que el mismo realice una mayor utilización del N con los beneficios económicos (mayor eficiencia agronómica en el uso del N, ya que actualmente se considera que sólo alrededor del 50 % del N aplicado es recuperado por los cultivos, habiendo un gran porcentaje de pérdidas por factores como lixiviación, desnitrificación, inmovilización y volatilización) y ambientales (reducción de los riesgos de contaminación de las napas freáticas) ampliamente difundidos que conlleve a un probable aumento del peso de los granos o por lo menos a su mantenimiento frente a un aumento en el número de los mismos y una alta concentración de proteínas en ellos. Sin embargo esto podría depender de otros factores como los cultivares y sistemas de labranzas utilizados, que pueden generar distintos tipos de raíces, con diferente eficiencia en la absorción y utilización del N.

1.4.Eficiencia en el uso del N y su importancia en el rendimiento, calidad y sanidad:

En general se puede decir que el estado nutricional tiene un efecto directo sobre el crecimiento de los cultivos.

1.4.1. Funciones del N (Novoa & Loomis, 1981) :

1.4.1.1 generación y mantenimiento de la capacidad fotosintética: es ampliamente conocido que los cultivos que crecen con una buena disponibilidad de N desde etapas tempranas presentarán una elevada cobertura del suelo y por lo tanto un mayor aprovechamiento lumínico. Mayores disponibilidades de N, no sólo determinan una mayor área foliar sino también una mayor duración de la misma;

1.4.1.2 generación y mantenimiento de los destinos: la capacidad de los destinos está dada por el número y el peso de los granos. En general, elevadas disponibilidades de N desde etapas tempranas favorecen el crecimiento de macollos y su fertilidad incrementando el número de granos. m^{-2} . Una elevada oferta de N durante el encañamiento maximizará la tasa de crecimiento del cultivo en el período crítico previo a la floración, lo que incrementará el número de flores fértiles y con ello el número de granos. El periodo crítico (PC) para la determinación del número de granos m^{-2} en el cultivo de trigo está asociado con la radiación incidente 30 días antes de anthesis (Fischer, 1985). A su vez el rendimiento, también, depende del peso de sus granos. Sin embargo, resulta poco claro aún en qué momento y cuáles son los factores que regulan la determinación del peso potencial del grano.

Algunos investigadores consideran que no existe relación entre la duración el área foliar y el peso individual de los granos debido a que el crecimiento a campo del trigo se encuentra limitado por los destinos (es decir los granos) y no por la fuente (fotoasimilados) (Slafer & Savin, 1994; Abbate, 2005). En este sentido, realizando desfoliaciones de diferente magnitud no obtuvieron variaciones importantes sobre el peso final de los granos, indicando que el crecimiento de los granos está más fuertemente restringido por características genéticas (que impediría modificar el peso de los mismos) o por efectos ambientales. Frederik & Bauer (1999), consideran que el trigo generalmente produciría fotoasimilados en exceso para la demanda de los granos o las necesidades respiratorias durante la primera parte del período de llenado de grano y posiblemente insuficientes asimilados durante la última parte del mismo período. Consideran que una futura selección por alto número de granos. m^{-2} en trigo, sin incremento del índice de área foliar, puede resultar en una temprana removilización de C y N vegetativos durante el llenado de grano debido a la alta relación destino/ fuente. Si la tasa de crecimiento no es alterada, el incremento de la demanda por C y N puede causar una rápida tasa de senescencia foliar y un corto período de llenado de grano. Una posible solución para mantener la duración del llenado de grano y el peso del grano bajo condiciones de alta demanda de asimilados (alto número de granos. m^{-2}) puede ser seleccionando por una demora en la senescencia (stay green) que es encontrada en los modernos híbridos de maíz.

Takahashi *et al.* (1996) realizaron una detallada investigación sobre la acumulación de carbohidratos en 4 etapas desde 2 días previos a anthesis hasta madurez y determinaron que durante la primera etapa los asimilados son usados principalmente para la elongación del último entrenudo del tallo principal, durante la segunda los asimilados son utilizados tanto para el crecimiento de los granos, como para su acumulación en el último entrenudo de la caña, durante la tercera los asimilados son usados enteramente para el crecimiento de los

granos y el material almacenado en el último entrenudo de la caña es removilizado (en un cierto porcentaje, que se incrementa y adelanta frente a situaciones de estrés) hacia los granos y la etapa final de llenado de grano, donde el crecimiento del grano es solamente soportado por los asimilados trasladados desde el último entrenudo de la caña o tallo principal. Estas etapas del llenado del grano son variables de acuerdo al cultivar y pueden resultar modificadas por las condiciones ambientales.

Sin embargo, para alcanzar un alto rendimiento, no sólo la asimilación de carbono, sino también la asimilación de N debe ser considerada. El trigo conserva la capacidad de captar N después de antesis (Osaki *et al.*, 1991; 1995; Frederik & Bauer, 1999). Aunque se conoce poco acerca del desarrollo de la raíz y su actividad bajo condiciones de campo, es probable que el crecimiento de la raíz disminuya y la densidad de raíces decrezca durante el llenado de grano, como ha sido citado por diversos investigadores, que han encontrado que la tasa máxima de crecimiento de las mismas se alcanza en floración (Barraclough & Leigh, 1984; Siddique *et al.*, 1990). Esto no implica que su actividad en cuanto a la absorción de nutrientes no pueda mantenerse más allá de dicho estado fenológico y cuando una gran cantidad de N es aportada desde las raíces hacia las hojas, la fotosíntesis puede permanecer alta asegurando un buen período de llenado de grano y el suministro de carbohidratos hacia las raíces y la actividad de las mismas. Por lo tanto se asume que el crecimiento o actividad de las raíces y la actividad fotosintética están mutuamente regulados durante todo el ciclo del cultivo (modelo de interacción raíz-tallo para alta producción) (Osaki *et al.*, 1997).

Takahashi *et al.* (1996) trabajando sobre el metabolismo del N, en las 4 etapas anteriormente citadas para los carbohidratos ((I) fase inicial del llenado de grano, desde antesis hasta cese de elongación de la caña; (Te) fase temprana de llenado de grano, desde el cese de elongación de la caña hasta fin del estado de grano lechoso; (Ta) fase tardía de llenado de grano, desde fin del estado de grano lechoso hasta fin del estado de grano pastoso; (F) fase final de llenado de grano, desde el cese de la fotosíntesis hasta madurez comercial), consideran que durante las tres primeras existe una alta absorción desde el suelo y removilización desde los órganos vegetativos del N acumulado preantesis y durante la última existe principalmente una removilización importante. A su vez, se conoce que el porcentaje de N removilizado se incrementa bajo condiciones de estrés, por lo tanto este parámetro nos podría servir, bajo condiciones controladas de humedad, como un indicador de la disponibilidad en el suelo de dicho nutriente durante el llenado del grano.

Para estimar la actividad radical, una herramienta útil para cultivos de altos rendimientos es la tasa de absorción específica de N (SARn, mg N. día⁻¹ g⁻¹ materia seca de raíz)

propuesta por Osaki *et al.*, 1991b, ya que otros parámetros como el peso seco de la raíz no se relacionan con la absorción de N o con la producción de materia seca, especialmente en etapas avanzadas del cultivo. Para mantener una alta SARn durante el estado de maduración, es importante la distribución hacia las raíces de fotoasimilados. Los cereales y las leguminosas desarrollan fuertes destinos en la parte aérea y la interacción raíz-tallo se vuelve débil a medida que el crecimiento progresa. Por lo tanto en leguminosas y en cereales, el tipo de planta o estructura del canopeo juega un rol importante en el mantenimiento de una alta actividad radical porque la principal fuente de fotoasimilados hacia las raíces la constituyen las hojas inferiores. Otra herramienta útil es la medición de la afluencia de N (N inflow), que es la cantidad de nutriente absorbida por unidad de longitud de raíz y por unidad de tiempo; calculada a través de la tasa de absorción de N (absorción por unidad de tiempo) y la densidad de raíces (Barraclough, 1986)

La eficiencia en la utilización del N, definida como la relación entre el rendimiento y el nitrógeno total acumulado en la planta a madurez, refleja la habilidad de la planta para transformar el N acumulado en rendimiento económico. Este parámetro ha sido extensamente utilizado para comparar diferentes especies o cultivares en diferentes niveles de fertilización nitrogenada (Ortiz-Monasterio *et al.*, 1997), encontrándose que por ejemplo la cebada presenta una mayor eficiencia en la utilización del N que el trigo, lo que sugiere una mayor habilidad de la cebada para generar rendimiento, particularmente a bajos niveles de N. Esto está asociado con un mayor índice de cosecha del N (ICN), principalmente a través de la absorción preantesis, indicando una mejor habilidad de traslocación, removiendo más nitrógeno de la parte vegetativa (Delogu *et al.*, 1998).

Otro parámetro normalmente utilizado para comprobar la respuesta del cultivo al N agregado es la eficiencia agronómica de uso del N definida como la relación entre el rendimiento adicional producido por kilogramo de nutriente aplicado (Maddoni & Di Napoli, 1996). Esta eficiencia comprende varios aspectos: a) eficiencia de conversión del N absorbido ($\text{kg grano adicional} / \text{kg de nutriente absorbido adicional}$) y b) eficiencia de absorción del N ($\text{kg nutriente absorbido adicional} / \text{kg de nutriente aplicado}$) (Maddoni y Di Napoli, 1996). La eficiencia de conversión depende de la eficiencia en la formación de biomasa y de la removilización, transporte y almacenamiento de los nutrientes. La eficiencia de absorción es un índice muy adecuado para las prácticas de fertilización e incluye: ($\text{kg nutriente absorbido total} / \text{kg nutriente disponible}$) x ($\text{kg nutriente disponible} / \text{kg nutriente aplicado}$) x ($\text{N absorbido adicional} / \text{N absorbido total}$). Se define al N disponible como la diferencia entre la oferta de N ($\text{N suelo a la siembra} + \text{N mineralizado} + \text{N fijado} + \text{N del}$

fertilizante) y las pérdidas de N (N inmovilizado + N lixiviado + N volatilizado + N perdido por erosión + N fijado químicamente).

1.4.1.3. incremento de la calidad industrial y comercial del producto obtenido: en trigo la calidad es tan importante como el rendimiento. En condiciones de baja fertilidad nitrogenada, la espigazón suele provocar un pronunciado agotamiento del N del suelo, consecuentemente la absorción durante ese período es muy baja y casi todo el N del grano proviene de la removilización de hojas y tallos, con el consiguiente deterioro del aspecto de las hojas (sanidad, color, envejecimiento, etc.). Bajo condiciones que permitan que la absorción de N continúe durante el llenado de grano (alta fertilidad natural, altas dosis de N, aplicaciones tardías, con buena disponibilidad hídrica), el contenido de proteína y almidón se acumula casi linealmente hasta madurez (Sarandón & Caldiz, 1990; Sarandón *et al.*, 1997; García *et al.*, 1998; Rawluk *et al.*, 1999; Golik *et al.*, 2001), mejorándose incluso las propiedades panaderas de las harinas (Prichard & Bhandari, 1996), aumentando el % de gluten y disminuyendo el % de panza blanca. La concentración de proteína en el grano es una medida rápida de la calidad industrial.

1.4.1.4. incidencia sobre la sanidad: las prácticas conservacionistas han modificado la severidad de las enfermedades foliares, en especial de aquellas producidas por patógenos necrótofos. En siembra directa, la mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici repentis* (Died.) Shoemaker) se ha constituido en una de las enfermedades foliares más importantes (Kohli *et al.*, 1992; Simón *et al.*, 2001). Por otro lado la fertilización nitrogenada puede causar incrementos o reducciones en la severidad de las enfermedades, dependiendo del ambiente y de la enfermedad que se considere. Para *D. tritici repentis* se ha observado que el N adicional causa reducciones en la severidad (Huber *et al.*, 1987; Simón *et al.*, 1998; 2001), en tanto que para la mancha de la hoja (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt, in Cohn *Septoria tritici*, Rob. ex Desm. generalmente se ha observado un incremento en condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad (Simón *et al.*, 2002). Se ha encontrado además interacción entre la labranza, el cultivar y la fertilización, indicando que la estructura aérea o radical de los genotipos podría estar incidiendo en el interacción que presentan frente a la fertilización y sistema de labranza.

El incremento de la materia seca del cultivo es principalmente afectada por la fertilización nitrogenada y las enfermedades, a través del efecto de éstas sobre la radiación fotosintéticamente activa interceptada, IPAR (Olesen *et al.*, 2003).

A su vez, prácticas culturales como la fertilización puede interactuar en la expresión de las enfermedades foliares (Simón *et al.*, 2002 y 2003) y sobre la efectividad de los fungicidas foliares (Horward *et al.*, 1994; Svecnjak *et al.*, 2005).

Carretero *et al.*, 2006 comparando tratamientos con y sin fungicidas encontraron que, durante el llenado de granos, la radiación fotosintéticamente activa para las parcelas tratadas con fungicida fue un 45 % mayor en los tratamientos con bajos niveles de N y un 25 % mayor en los tratamientos de altos niveles de N, comparado con las parcelas no tratadas con fungicidas. El incremento en los niveles de N redujo las diferencias en la radiación fotosintéticamente activa acumulada, entre parcelas tratadas y no tratadas con fungicidas, debido al incremento del índice de área foliar verde.

En ensayos previos se ha determinado que distintos cultivares presentan diferentes reducciones de la severidad e incidencia de *D. tritici repentis* por efecto de la fertilización nitrogenada y que estas reducciones suelen ser menores en labranza convencional que en siembra directa (Simón *et al.*, 2001)

Como ya mencionamos, todos los ítems anteriores pueden resultar modificados o bien depender de otros factores como los genotipos y sistemas de labranzas utilizados, que además de actuar sobre la dinámica del N, pueden generar distintos tipos de raíces, con diferente eficiencia en la utilización de dicho nutriente.

1.4.2. Factores que modifican la dinámica del N :

1.4.2.1. Cultivares: podría existir variabilidad entre cultivares en relación a la absorción y duración de esa actividad, tal como se encontró para la cebada, donde los cultivares con mayor cantidad de pelos radicales resultan más eficientes en la absorción de fósforo (Gahoonia *et al.*, 1999). Abdellaoui *et al.* (2001), examinando la acumulación y absorción de N en variedades de trigo, encontraron que los mismos presentaban diferencias en la cantidad de N acumulado. Le Gouis & Pluchard (1996), Rouanet *et al.* (2005) y Stehno *et al.* (2005), estudiando la eficiencia en el uso del N en trigo, encontraron variabilidad genotípica; siendo dicha variabilidad más manifiesta a bajos niveles de N. En esta situación encontraron variedades mucho más eficaces que otras. A su vez Arora & Mohan (2001) trabajando en trigo hallaron correlación entre la materia seca radical y la concentración de N en la hoja, encontrando diferencias entre cultivares tradicionales y cultivares con genes de enanismo. Para los cultivares tradicionales, la

producción de materia seca radical fue mayor, lo mismo que la concentración de N en la hoja.

Egle *et al.* (1999), estudiando la eficiencia en fósforo entre nuevos genotipos de trigo y una variedad mexicana tradicional encontraron que la absorción de P resultó mayor en las nuevas variedades, tanto para los tratamientos con y sin agregado de P. El mejoramiento en la eficiencia de P fue debido principalmente a una más eficiente absorción del mismo. Sin embargo, sólo hubo una pequeña diferencia en la eficiencia de uso del P (kg de grano/ kg de P en los tallos) entre los cultivares modernos y el tradicional. Las diferencias en los sistemas radicales fueron más decisivas en el tratamiento sin el agregado de P. Es decir, con baja disponibilidades de P, el mejoramiento en la absorción fue debido a una mayor densidad de longitud radical después de floración; mientras que con altos niveles de P, el influjo de P por unidad de longitud (tasa de absorción de P por unidad de longitud) resultó más importante que la densidad de longitud radical.

Mi *et al.* (2000), estudiando el efecto del N absorbido postantesis sobre la acumulación de N en el grano en cultivares de trigo con diferentes tamaño de espigas, encontraron que aquellos cultivares con espigas más largas y mayor número de granos también presentaban un mayor potencial de absorción de N postantesis, por lo tanto aplicaciones adicionales de N en antesis incrementaron la absorción y el N contenido en el grano. En contraste, aquellos cultivares con espigas más chicas mostraron una menor absorción postantesis.

La existencia de genotipos con diferente sensibilidad a la disponibilidad de N, como así también con diferentes % de nutrientes traslocados de lo almacenado previo a la antesis, como de lo absorbido o fotoasimilado durante el llenado de granos (Takahashi *et al.*, 1996), podría estar asociado a una distinta actividad o funcionalidad radical durante esta etapa. Es probable que existan variedades con mayor adaptación de sus sistemas radicales (densidad de longitud, tasa de absorción por unidad de raíz) a situaciones variables de disponibilidad de N.

1.4.2.2. sistemas de labranzas: en nuestro país y en diversas regiones del mundo, se utilizan diversos sistemas de labranza conservacionista con el objeto de atenuar la degradación de los suelos producida por la intensificación de la agricultura. Entre ellos, principalmente, la siembra directa promueve cambios en las propiedades físicas del suelo que influyen directa e indirectamente en la dinámica del nitrógeno y en consecuencia sobre la productividad de los cultivos. En trigo ha sido reportado un menor crecimiento

inicial conjuntamente con fallas de nacimiento (Chidichimo *et al.*, 2000), disminución en la producción de biomasa total en tratamientos con escasa remoción del suelo (González Montaner & Di Nápoli, 1998) y menor rendimiento en grano bajo sistemas de siembra directa (Senigagliesi & Ferrari, 1993; Sarandón *et al.*, 1997). No obstante García *et al.* (1998) concluyeron que en suelos no degradados de la región, se pueden alcanzar los mismos rendimientos en grano independientemente del sistema de labranza empleado, al comparar sistemas con arado de reja y vertedera, con cincel y siembra directa. Sin embargo Bergh *et al.* (1996) encontraron que los rendimientos de trigo se relacionaron positivamente con la intensidad de la labranza realizada.

Asimismo con fertilización nitrogenada los sistemas con escasa o sin remoción del suelo no alcanzaron el rendimiento de la labranza convencional, lo que indicaría que además del N habría otros factores que limitarían el rendimiento del trigo. Esto ha sido asociado a una restricción en el crecimiento de las raíces y del tallo, como consecuencia de una mayor compactación (Balbuena *et al.*, 1996; Ferreras *et al.*, 1996) o al menos a un endurecimiento superficial del suelo (Taboada *et al.*, 1998). Unger & Kaspar (1994) consideran que no todas las partes del sistema radical se exponen igualmente a la compactación bajo condiciones de campo, en consecuencia, debido a un crecimiento compensatorio de las partes no impedidas del sistema, sólo la distribución y no la longitud total puede ser alterada. No obstante Oyanagi *et al.* (1998) encontraron que trigos bajo siembra directa presentaron menor longitud radical que trigos bajo labranza convencional.

A su vez los diferentes sistemas de labranza provocan una dinámica diferente del N, siendo la fertilización una práctica necesaria para asegurar rendimiento y calidad. En general la tendencia observada es un aumento localizado de la proliferación de raíces en los sitios de mayor concentración del nutriente y concomitantemente una reducción en el crecimiento radical en otra parte en el medio radical (Eshel & Waisel, 1973; Van Vuuren *et al.*, 1996; Golik & Chidichimo, 2002). Esto implica un cambio en el patrón de desarrollo de todo el sistema radical (Herrera, 2005). Tales cambios pueden tener un gran efecto sobre la capacidad funcional del sistema radical. La reacción de las raíces al incremento localizado de la disponibilidad de un mineral es muy rápida y resulta en cambios en la iniciación de las raíces laterales (Gersani & Sachs, 1992), cambios en el tamaño de las laterales de primer orden, de las de segundo orden o sobre la tasa de crecimiento relativo del sistema (Barraclough, 1989; Robinson, 1994). Haberle *et al.* (1996) reportaron una tendencia a una mayor densidad de raíces en las capas superficiales del suelo para los tratamientos con aplicación de N.

2. Hipotesis:

- a) Existe variabilidad entre cultivares en la producción, distribución y duración de la materia seca radical y en su relación con la materia seca aérea en estados avanzados del cultivo de trigo, en respuesta a distintos sistemas de labranza y fertilización nitrogenada. (Esta hipótesis se pone a prueba en el capítulo 3)
- b) Los sistemas de labranza, las características genotípicas y la disponibilidad de N durante todo el ciclo del cultivo inciden sobre el mantenimiento de una elevada actividad radical post-antesis. (Esta hipótesis se pone a prueba en el capítulo 4)
- c) Bajo una buena disponibilidad de N durante todo el ciclo del cultivo el mantenimiento y actividad del sistema radical post-antesis conlleva a una mayor producción y duración de la materia seca aérea que incide positivamente sobre el rendimiento y la calidad y resulta modificada por el sistema de labranza y el genotipo. (Esta hipótesis se pone a prueba en el capítulo 5)
- d) Bajo una buena disponibilidad de N durante todo el ciclo del cultivo, el mantenimiento y actividad del sistema radical post-antesis, conlleva a una mayor producción y duración de la materia seca aérea que incide positivamente sobre la sanidad y resulta modificada por el sistema de labranza y por el genotipo. (Esta hipótesis se pone a prueba en el capítulo 6)
- e) La incidencia de las enfermedades foliares producen una merma en el rendimiento y sus componentes a través de la disminución de la materia seca aérea y radical y la actividad radical. (Esta hipótesis se pone a prueba en el capítulo 6)
- f) La incidencia de las enfermedades foliares producen una merma en la concentración de N, en la concentración de proteínas y de gluten del grano. (Esta hipótesis se pone a prueba en el capítulo 6)

3. Objetivos:

En el presente trabajo se propone

- a) Evaluar la producción, distribución y duración de la materia seca radical y su relación con la materia seca aérea en diferentes cultivares de trigo en post-antesis bajo tres tratamientos de fertilización N y dos sistemas de labranza, a campo y en contenedores. (Capítulo 3).

- b) Evaluar la absorción radical de N en post-antesis y su incidencia sobre la utilización de dicho nutriente por el cultivo de trigo, bajo diferentes tratamientos de fertilización N, dos sistemas de labranza y tres cultivares. (Capítulo 4).
- c) Evaluar la influencia de diferentes tratamientos de fertilización N y dos sistemas de labranza sobre el rendimiento y sus componentes y algunos parámetros de calidad en tres cultivares de trigo. (Capítulo 5).
- d) Evaluar la intensidad de las enfermedades foliares bajo dos sistemas de labranza, tres tratamientos de fertilización N y dos tratamientos de fungicidas (Capítulo 6).
- e) Evaluar la relación entre la intensidad de las enfermedades foliares con la materia seca aérea y radical y la actividad radical, con el N en planta, el rendimiento y calidad. (Capítulo 6).
- f) Evaluar el efecto del control con fungicida sobre la materia seca aérea y radical en post-antesis y sobre el rendimiento y sus componentes en dos sistemas de labranzas y tres tratamientos de fertilización N en tres cultivares de trigo. (Capítulo 6).

CAPITULO 2:

MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron dos experimentos a campo (31 de julio de 2002 y 16 de julio de 2003) y uno en contenedores (31 de julio de 2002) en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (35° LS), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, sobre un suelo Argiudol típico con ligeras deficiencias de drenaje interno. El análisis de del mismo arrojó los siguientes resultados a la siembra (0-20 cm): para la labranza convencional: MO: 4,21 %, N total: 0,21 %, NO₃: 76,6 ppm (168 kg ha⁻¹ de N), P asimilable (Bray Kurtz): 6.7 ppm. y para la siembra directa: MO: 4,38 %, N total: 0,21 %, NO₃: 42,6 ppm (93,71 kg ha⁻¹ de N), P asimilable (Bray Kurtz): 6 ppm. Previo a la siembra se midió la humedad por el método gravimétrico en estratos de 10 cm y hasta los 40 cm de profundidad. El promedio de los cuatro estratos para la labranza convencional fue de 26 % (equivalente a 2,99 mm de agua acumulada en el primer estrato, 3,12 mm en el segundo, 3,36 mm en el tercero y 2,80 mm en el cuarto) y el de la siembra directa 33 % (equivalente a 3,68 mm de agua acumulada en el primer estrato, 3,52 mm en el segundo, 3,24 mm en el tercero y 3,10 mm en el cuarto).

Durante la estación de crecimiento se registraron las temperaturas y lluvias medias mensuales. El diseño experimental fue en parcelas subdivididas, con tres repeticiones. La parcela principal correspondió a los sistemas de labranza: sistema convencional (LC) y siembra directa (SD) (Fotos N° 1 y 2). La labranza convencional consistió en una labor con rastra de disco pesada, en marzo, para incorporar residuos y controlar malezas. Cuarenta días antes de la siembra, se realizó una labor con arado de reja y vertedera. Previo a la siembra se realizaron labranzas secundarias superficiales con rastra de disco y dientes. Cabe destacar que estos sistemas de labranzas se estaban realizando sobre el mismo lote desde hacía 5 años. La subparcela correspondió a los cultivares: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), de ciclo similar, corto-intermedio, que difieren en rendimiento, calidad y sanidad y la subsubparcela correspondió a los tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en forma de urea. A todas las parcelas se les aplicó 100 kg ha⁻¹ de superfosfato triple (0-46-0) en el momento de la siembra. El tamaño de cada parcela fue de 3m de ancho por 10,25 m de largo. El ensayo en contenedores se realizó en contenedores de madera, de 0,7 m de largo x 0,8 m de ancho y 0,40 m de profundidad, que se

mantuvieron en el campo, con humedad controlada (Fotos N° 2, 3 y 4). En el traslado de la tierra a los contenedores se respetó el ordenamiento de los horizontes y la compactación de cada sistema de labranza, y se realizó mediante una pala mecánica construída especialmente para tal fin.

Se buscó que los cultivares a utilizar fuesen de ciclo similar, de buen comportamiento en la zona y que presentaran algunas diferencias en cuanto a sanidad y calidad:

Buck Pingo: es un cultivar de amplia adaptación con alto potencial de rendimiento, de ciclo corto. Resistente al vuelco y al desgrane. Es resistente a Roya Estriada y moderadamente susceptible a susceptible a Roya de la Hoja. Tiene buen comportamiento a Manchas Foliares y a Fusarium de la Espiga. Respecto a su calidad comercial e industrial: Buck Pingo es una variedad altamente confiable en su llenado de grano, con excelente peso hectolítrico en todas las condiciones y ambientes donde fue ensayado. Es un cultivar ubicado dentro del grupo 2 de Calidad Panadera, con buenas aptitudes molineras, y muy destacados valores reológicos, cercanos al de variedades correctoras.

Buck Biguá: esta variedad se ha ensayado en las subregiones II Norte y Sur, IV y V Sur mostrando alto rendimiento con excelente adaptación. Es un material semienano, alcanzando en promedio los 80 cm. Su ciclo es corto, similar a Klein Don Enrique. Es resistente a las Royas de la Hoja y Estriada. No se dispone de información respecto a Roya del Tallo. Es bueno su comportamiento frente a Manchas Foliares y tolerante a Fusarium de la Espiga. Bajo condiciones de secano ha mostrado buena resistencia al vuelco aún en situaciones de alta fertilidad. Es resistente al desgrane. Respecto a su calidad comercial e industrial: es un cultivar de grano mediano con alto peso hectolítrico, ubicado dentro del grupo de mejor calidad panadera (1), con altos niveles de proteína, excelentes valores reológicos generales, y particularmente destacado por su alta estabilidad farinográfica.

Buck Brasil: es un material semienano, alcanzando en promedio los 80 cm, ciclo corto. Es susceptible a Roya de la Hoja y resistente a la Roya Estriada. No se dispone de información respecto a Roya del Tallo. Es bueno su comportamiento frente a la Mancha foliares y susceptible a Fusarium de la Espiga. Presenta buena resistencia al vuelco. Respecto a su calidad comercial e industrial está ubicado dentro del grupo de mejor calidad panadera (1).

No hubo diferencias fenológicas entre cultivares para los ensayos considerados.

La densidad de siembra, para la labranza convencional fue de 350 pl.m⁻² y la de la siembra directa de 380 pl.m⁻².

Se aplicó fungicida, Caramba (metconazole), en GS 21 + GS 32, en una dosis de 900 $\text{cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Para el control de malezas, tanto a campo como en los contenedores, se aplicó Misil, en una dosis de 100cc de dicamba + 5 g de metsulfurón. ha^{-1} .

Durante antesis, cuaje, grano lechoso, grano pastoso y madurez, estados de crecimiento (GS) 65 (30 de octubre en 2002 y 23 de octubre en 2003), GS 69 (12 de noviembre en 2002 y 3 de noviembre en 2003), GS 77 (22 de noviembre en 2002 y 17 de noviembre en 2003), GS 85 (5 de diciembre en 2002 y 10 de diciembre en 2003) y GS 95 (15 de diciembre en 2002 y 2003) respectivamente (Zadoks *et al.*, 1974), se determinó la materia seca aérea (MSA) a partir de la extracción de una superficie de 0,3 m^2 (sectores de 0,5 m de tres surcos contiguos) y su posterior secado en estufa a 70°C durante 48hs.

La extracción de raíces, para las mismas etapas, a campo, se realizó con un barreno de 9,8 cm de diámetro y 10 cm de altura. En cada subparcela, se tomaron cuatro muestras en el surco y cuatro en el entresurco, en cuatro estratos: 0-10 cm de profundidad (S1, para el surco y E1, para el entresurco), 10-20 cm de profundidad (S2, para el surco y E2, para el entresurco), 20-30 cm de profundidad (S3, para el surco y E3, para el entresurco) y 30-40 cm de profundidad (S4, para el surco y E4, para el entresurco). En el ensayo en contenedores, se tomaron cuatro muestras, con un incremento de 10 cm de profundidad, hasta los 40 cm (P1, P2, P3 y P4). Cada muestra tuvo un diámetro de 20 cm por 10 cm de alto.

Las muestras se guardaron en frío a -18 °C y luego se procesaron en laboratorio rápidamente mediante lavados sucesivos con agua y hexametáfosfato de sodio como dispersante (Acciaresi *et al.*, 2001), filtrado con mallas de 450 μm y separación manual de restos vegetales, hasta obtener la muestra de raíces limpias. Se secaron en estufa a 70 °C y se pesaron, para obtener la materia seca radical (MSR) en g m^{-2} .

Se determinó conjuntamente la densidad aparente con el método del cilindro (Blake and Harte, 1986), la resistencia a la penetración con un penetrómetro de cono bajo norma ASAE S 313.2 (ASAE 1992) y la humedad gravimétrica. Para las determinaciones de densidad y humedad, las muestras se extrajeron, de cada parcela, a intervalos de 10 cm y hasta los 40 cm de profundidad. Para la resistencia a la penetración las lecturas se tomaron cada 5 cm.

Se realizó una figura con los datos climáticos (considerando temperaturas y lluvias) de ambos años y datos históricos (Figura 1), una figura con los datos decádicos de temperaturas máximas, mínimas y medias durante el llenado de granos del cultivo (Figura 2) y los balances hidrológicos correspondientes a los dos años 2002 y 2003 (Tablas 1 y 2).

Los resultados fueron procesados mediante ANVA para un diseño de parcelas divididas en un análisis combinado para ambos años. Debido a la presencia de efectos significativos de

los años y a la presencia de interacciones con los años, se realizó un análisis por separado de cada año. Las medias se compararon mediante el test de Tukey ($P=0.05$).



Foto N° 1. al frente se muestra el ensayo a campo 2002, con las plantas recién nacidas bajo los dos sistemas de labranzas considerados: convencional (LC) y siembra directa (SD). Al fondo se observan los contenedores de madera, también utilizados en el mismo año con los mismos tratamientos que para el ensayo a campo, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.



Foto N° 2. Ensayo a campo, año 2003, plantas recién nacidas bajo los dos sistemas de labranzas considerados: convencional (LC) y siembra directa (SD), en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

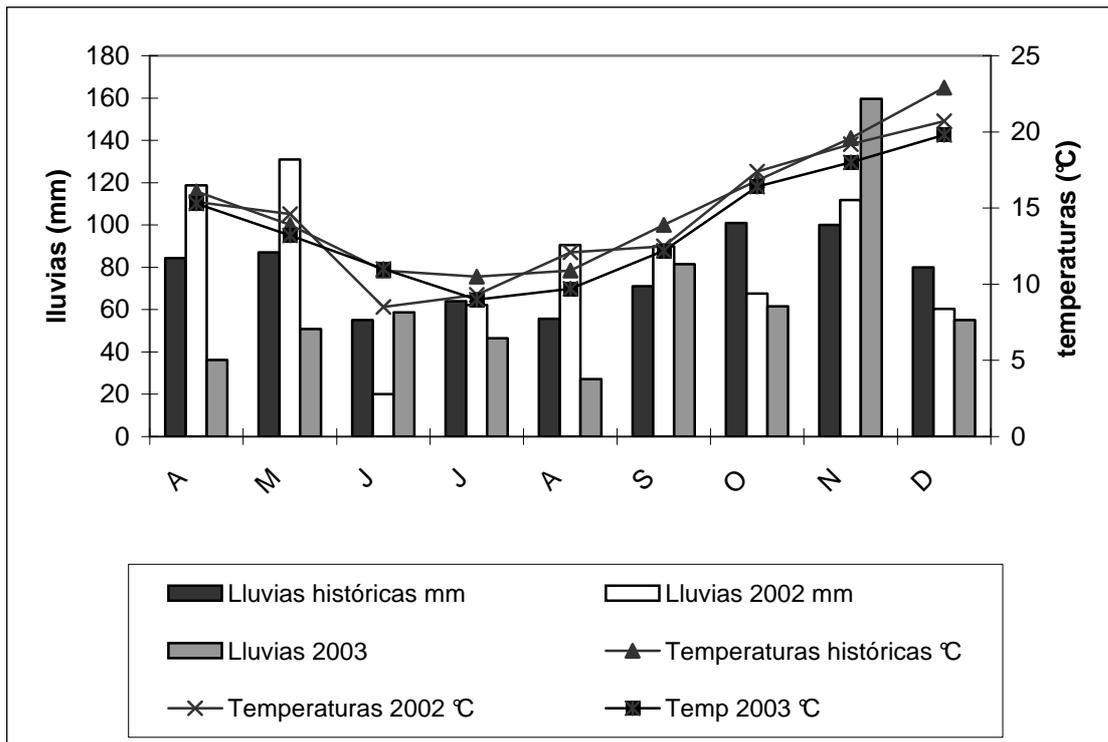


Figura 1: Datos climáticos en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, en 2002 y 2003.

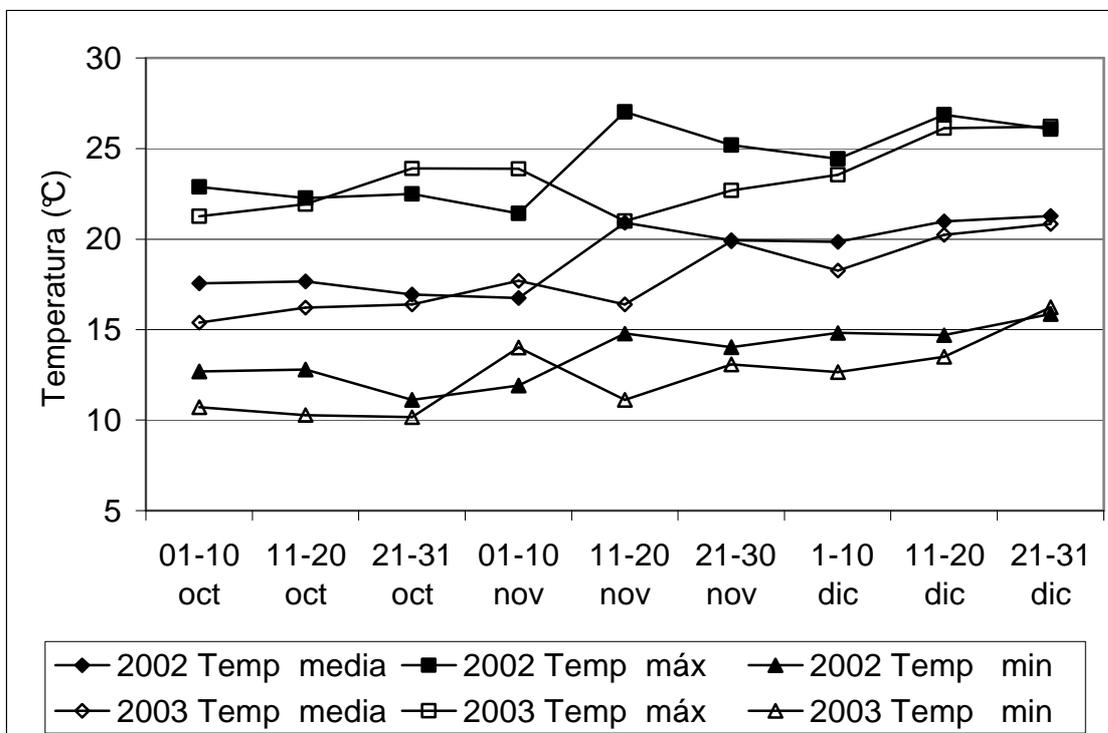


Figura 2. Promedios decádicos para los meses de octubre, noviembre y diciembre para los años 2002 y 2003, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

2002	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ETP	143	106	70	55	39	28	29	50	62	92	111	126	911
P	204	102	328	119	132	20	62	91	90	68	112	60	1387
P-EP	62	-4	258	64	92	-8	33	40	28	-25	0	-66	
Σ -(P-EP)	(32)	-36				-8				-25	(25)	-91	
ALM	269	266	300	300	300	292	300	300	300	276	276	221	
Δ ALM	-193	3	-34	0	0	8	-8	0	0	24	0	55	
ER	143	104	70	55	39	28	29	50	62	92	111	116	899
EXC	0	0	224	64	92	0	25	40	28	0	0	0	474
DEF	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10	12

Tabla 1. Balance hidrológico, Evapotranspiración potencial (ETP), Precipitación (P), Almacenaje (ALM), Variación de almacenaje (Δ ALM), Evapotranspiración potencial (ER), Excesos (EXC), déficit (DEF), año 2002, Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

2003	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ETP	150	52	91	55	38	28	36	46	67	110	111	136	920
P	44	223	66	36	51	59	46	27	81	62	160	55	910
P-EP	-107	171	-24	-19	13	31	11	-19	14	-48	49	-81	
Σ -(P-EP)	-197		-24	-43					(5)	-53		-81	
ALM	155	300	277	263	276	300	300	281	295	251	300	228	
Δ ALM	66	-145	23	14	-13	-24	0	19	-14	44	-49	72	
ER	110	52	89	50	38	28	36	46	67	106	111	127	859
EXC	0	26	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	43
DEF	41	0	1	5	0	0	0	0	0	4	0	9	60

Tabla 2. Balance hidrológico, Evapotranspiración potencial (ETP), Precipitación (P), Almacenaje (ALM), Variación de almacenaje (Δ ALM), Evapotranspiración potencial (ER), Excesos (EXC), déficit (DEF), año 2003, Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

CAPITULO 3:

MATERIA SECA AEREA Y RADICAL EN POSTANTESIS BAJO DOS SISTEMAS DE LABRANZA Y FERTILIZACION NITROGENADA

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de la materia seca aérea y radical y la distribución de esta última durante etapas avanzadas del cultivo frente a distintas situaciones de fertilización nitrogenada y dos sistemas de labranza, en tres cultivares de trigo pan. Los sistemas de labranza presentaron diferencias significativas tanto para la producción de materia seca aérea (MSA, gm^{-2}) como para la materia seca radical (MSR, gm^{-2}) y su longitud, con una marcada diferencia en la distribución de estos dos últimos parámetros en los estratos subsuperficiales. La densidad de materia seca radical y la densidad de longitud radical disminuyeron con la profundidad, tanto en el surco como en el entresurco. Para ambos años, con una adecuada oferta hídrica, la labranza convencional (LC) tuvo mayor producción que la siembra directa (SD). Los cultivares presentaron un comportamiento diferente, tanto en la producción de MSA como de MSR y su distribución en el perfil, según el sistema de labranza considerado. Buck Biguá (BB) fue el que presentó menor MSR bajo SD. Buck Brasil (BBR) fue el de mayor MSR en SD y el de mayor respuesta frente al agregado de N. Buck Pingo (BP) mostró un comportamiento intermedio. BB y BP presentaron en general mayor materia seca aérea que BBR, por lo cual su relación MSR/MSA tendió a ser menor que para este último cultivar. La materia seca aérea, la materia seca radical y la longitud radical respondieron positivamente ante la aplicación de N. Se observó una tendencia a una proliferación de raíces en los sitios de mayor concentración del nutriente. La relación MSR/MSA se mantuvo relativamente alta y estable, para los estados fenológicos analizados. Resultó afectada tanto por las labranzas como por los tratamientos de fertilización, disminuyendo en la labranza convencional y con el agregado de dosis crecientes de N.

Sobre este capítulo se han realizado las siguientes publicaciones:

*XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos, 22-25 Junio de 2004:

-Materia Seca radical en trigo durante el llenado de granos (I): respuesta a la fertilización nitrogenada. pp. 168. Golik Silvina I., Zanelli Juan Ignacio, Chidichimo Hugo O. Trabajo completo en CD

-Materia Seca radical en trigo durante el llenado de granos (II): respuesta al sistema de labranza. pp: 267. Golik Silvina I., Oliveira Adrián E., Chidichimo Hugo O. Trabajo completo en CD

*XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, Santa Rosa, La Pampa, 2004:

-Raíces en trigo: materia seca y acumulación de N. pp: 70. Golik Silvina I., Sebastián Cerrajería, Hugo Chidichimo.

*XXX Jornadas de Botánica. Rosario. Noviembre 2005:

-Impacto del sistema de labranza sobre el sistema radical en trigo. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 40: 1001. ISSN 0373-580X, suplemento. Golik Silvina I., Zanelli Juan Ignacio, Chidichimo Hugo O.

-Diferencias inducidas por la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y distribución de las raíces en trigo. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 40: 1001. ISSN 0373-580X, suplemento Golik Silvina I.,Oliveira Adrián E., Chidichimo Hugo O.

Introducción:

Las raíces son los órganos que en la mayoría de los cultivos, absorben cerca de la totalidad del agua y los nutrientes; siendo, a su vez, sitios de elaboración de productos que mantienen la integridad raíz-tallo y proveen de anclaje a los tallos para que éstos puedan expandir sus hojas y capturar radiación. El patrón de crecimiento y desarrollo de las mismas está fuertemente unido al del tallo. La acumulación de materia seca radical, generalmente, describe un patrón sigmoideal comúnmente observado para los tallos, aunque las fases de rápido crecimiento y decaimiento pueden no coincidir enteramente.

La floración aparece como un estado de particular importancia, después del cual, los asimilados son requeridos principalmente para llenar los granos en crecimiento, dejando poca cantidad para las raíces (Gregory & Atwell, 1991). De acuerdo con muchos estudios, la materia seca radical de los cereales, raramente se incrementa después de floración y puede decrecer sustancialmente, dependiendo, de las condiciones del suelo ya que se conoce que la asignación de carbono hacia la raíz no sólo varía con la ontogenia del mismo sino que también se encuentra fuertemente condicionada por las características tanto del ambiente edáfico como del climático (Hamblin *et al.*, 1990). Generalmente las condiciones del suelo, durante las etapas tempranas del crecimiento del cultivo son más favorables y sólo existe una pequeña cantidad de raíces muertas. Luego, a medida que se avanza en la estación de crecimiento, tanto la senescencia natural como la incidencia de condiciones menos favorables en relación a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, aumentan la mortandad, por lo tanto resulta difícil determinar con exactitud la cantidad de materia seca que el cultivo ha invertido en el sistema radical.

Brouwer (1963) fue uno de los primeros en analizar los cambios en el tamaño relativo de los sistemas radicales y aéreos en respuesta al medio ambiente dependiendo de la facilidad relativa con que los recursos necesarios son obtenidos desde el mismo. En general, con la fertilización la tendencia observada es un aumento localizado de la proliferación de raíces en los sitios de mayor concentración del nutriente y concomitantemente una reducción en el crecimiento en otra parte del medio radical (Van Vuuren *et al.*, 1996; Golik & Chidichimo, 2002a,b). Haberle *et al.* (1996) reportaron una tendencia a una mayor densidad de raíces en las capas superficiales del suelo para los tratamientos con aplicación de N. Normalmente la relación peso radical/peso del tallo es de alrededor de 0,4 durante el crecimiento temprano, disminuyendo a medida que el cultivo comienza a crecer rápidamente a valores de alrededor de 0,1 y 0,2 en floración (Gregory, 1991). Sin embargo esa relación puede variar de acuerdo

con la disponibilidad de recursos (Hamblin *et al.*, 1990). En general, una escasez de recursos en el medio ambiente radical causa un cambio en el destino de los asimilados, a favor de un incremento del tamaño del sistema radical relativo a los tallos (Sharp & Davies, 1979; Bradford & Hsiao, 1982; Setter, 1990; Blum, 1996). Un aumento de dichos recursos provoca un efecto contrario, principalmente en antesis. En este estadio si bien el fertilizante nitrogenado incrementa la producción de materia seca de toda la planta, el incremento relativo de las raíces es menor (Barraclough, 1989; Gregory, 1991). Entre los *cultivares* podría existir variabilidad genotípica en relación al enraizamiento. En maíz se encontró una estrategia de crecimiento y exploración de las raíces asociada al ciclo del germoplasma considerado, presentando los materiales precoces una alta concentración de raíces entre 0-15 cm (Chidichimo *et al.*, 1992). Entre los genotipos de maíz existieron diferencias significativas en la producción de biomasa y longitud de raíces y respuesta diferencial frente a distintos niveles de compactación (Chidichimo *et al.*, 1997).

Asimismo, se sabe que los tipos de labranzas modifican la dinámica del nitrógeno y en consecuencia inciden sobre la productividad de los cultivos. La siembra directa aparece como una alternativa factible en respuesta a la generalizada degradación de los suelos producida por la intensificación de la agricultura. Sin embargo en numerosos trabajos se menciona, para un amplio rango de suelos, un menor crecimiento vegetativo de los cultivos, bajo este sistema de labranza, en comparación con cultivos sembrados en suelos con algún laboreo (González Montaner & Di Nápoli, 1998). Oyanagi *et al.* (1998) encontraron que trigos bajo siembra directa presentaron menor longitud radical que trigos bajo labranza convencional. Generalmente, esta reducción del crecimiento de las raíces y del tallo se atribuye a una mayor compactación (Mahboubi *et al.*, 1993; Chagas *et al.*, 1994) o al menos a un endurecimiento superficial del suelo bajo este sistema de labranza (Taboada *et al.*, 1998; Ferreras *et al.*, 2001). No obstante Unger & Kaspar (1994) consideran que no todas las partes del sistema radical se exponen igualmente a la compactación bajo condiciones de campo, en consecuencia, sólo la distribución y no la longitud total puede ser alterada. A su vez, es probable que existan variedades con mayor adaptación de sus sistemas radicales (densidad de longitud, tasa de absorción por unidad de raíz) a situaciones variables de disponibilidad de N.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y distribución de la materia seca radical postfloración bajo dos sistemas de labranza y tres tratamientos de fertilización en tres cultivares de trigo. Considerando que en nuestros trabajos previos a campo se encontró una elevada variabilidad entre las determinaciones inherentes al sistema radical (distribución, peso y longitud) (Ressia *et al.*, 1998; Asbornó & Chidichimo, 1999; Chidichimo & Asbornó,

1999), en este trabajo se realizará además un ensayo en contenedores con la finalidad de realizar un buen control del ambiente edáfico y priorizar las diferencias que puedan existir entre genotipos.

Materiales y métodos:

Los ensayos a campo y en contenedores se realizaron de acuerdo a lo indicado en el capítulo 2 de materiales y métodos. Se consideraron sólo los tratamientos con fungicidas. Además se calculó la materia seca radical por unidad de superficie de cultivo como la suma de la materia seca radical de los diferentes intervalos de profundidad. Su longitud (Long) se determinó analizando las imágenes digitalizadas mediante el programa Delta-T Scan (Delta-T Devices Ltd). También se determinó la densidad de materia seca radical (materia seca de raíces por unidad de volumen muestreado ($829,3 \text{ cm}^3$ a campo y 3140 cm^3 en contenedores) y la densidad de longitud radical (longitud de raíces por unidad de volumen muestreado).

La distribución de las raíces, fue caracterizada en profundidad a través del porcentaje de su peso y de su longitud que sobre el total se ubicó en cada estrato y en sentido lateral a través del porcentaje que se encontró en el surco y en el entresurco a campo.

Los resultados fueron procesados mediante ANVA para un diseño de parcelas divididas en un análisis combinado para ambos años. Debido a la presencia de efectos significativos de los años y a la presencia de interacciones con los años, se realizó un análisis por separado de cada año. Las medias se compararon mediante el test de Tukey ($P=0.05$).



Foto N° 1. Preparación del suelo para el ensayo de campo y los contenedores confeccionados, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.



Foto N° 2. Interior de un contenedor, preparado como labranza convencional, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.



Foto N° 3. Interior de un contenedor, preparado como siembra directa, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.



Foto N°4. Interior de un contenedor, bajo labranza convencional, con las plantas de trigo en macollaje, dispuestas a la misma densidad que en el ensayo a campo, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

Resultados:

Si bien las precipitaciones medias mensuales en marzo, abril y mayo, durante el año 2002, resultaron abundantes respecto a las medias históricas, luego, durante la implantación del cultivo fueron, en cuanto a cantidad y distribución, similares a las históricas. En el año 2003 resultaron menores a las históricas, a excepción del mes de noviembre, no obstante atendieron los requerimientos del cultivo (Figuras 1 y 2 y tablas 1 y 2 del Capítulo 2).

Años 2002 y 2003: ensayos a campo:

En el análisis combinado de la materia seca aérea se encontraron interacciones: año x fertilización en GS 65, GS 69, GS 77 y GS 85. En GS 85, en los dos años hubo respuesta a la

fertilización, no obstante en el año 2002 no hubo diferencias significativas para las dosis aplicadas (Figura 1a), en los restantes estadios el comportamiento fue similar. También hubo interacción año x cultivar en GS 65, GS 77 y GS 95. En GS 95, si bien en ambos años BBR resultó el cultivar con menor MSA, en 2002 BP fue el de mayor MSA, en tanto en 2003 fue BB (Figura 1b), en los restantes estadios la tendencia fue la misma. Y labranza x fertilización en GS 65 y GS 95. En GS 95, bajo LC no hubo diferencias en la respuesta lograda bajo ambas dosis de N aplicadas, bajo Sd sí hubo diferencias en la MSA para las distintas dosis de N agregado, aunque la labranza convencional no presentó diferencias entre dosis aplicadas (Figura 1c), en los restantes estadios la tendencia fue la misma. Las restantes interacciones no fueron significativas o consistentes a través de los estadios analizados.

La materia seca radical, en el análisis combinado de los ensayos, presentó interacciones para año x labranza, año x cultivar y año x fertilización, en todos los estadios analizados. En GS 95, en 2003 no hubo diferencias en la MSR bajo ambos sistemas de labranza, en 2002 hubo mayor MSR bajo LC que bajo SD (Figura 2a). En 2002 BB fue el de menor MSR y en 2003 el de mayor MSR (Figura 2b). En el 2002 no hubo diferencias en la MSR para las dosis de N aplicadas pero sí en 2003, aunque en ambos años hubo respuesta (Figura 2c), para los restantes estadios las tendencias fueron similares. También hubo interacción labranza x cultivar en GS 65, GS 77, GS 85 y GS 95 y labranza x fertilización en GS65, GS 69, GS 85 y GS 95. En GS 85, bajo LC BB fue el mayor MSR y bajo SD BBR fue el de mayor MSR (Figura 2d). En LC no hubo diferencias entre dosis de N aplicadas pero sí en 2003 (Figura 2e). Para los otros estadios las tendencias fueron similares.

Las restantes interacciones no fueron significativas o consistentes a través de los estadios analizados.

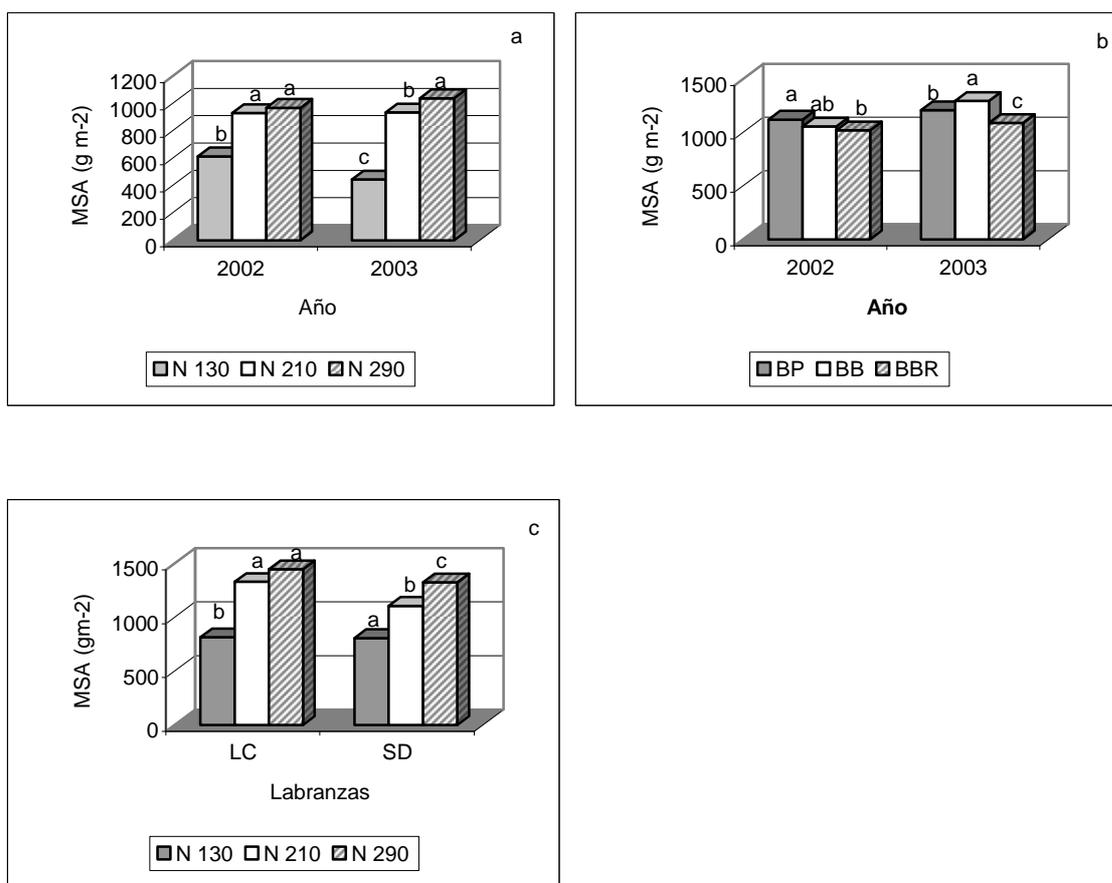


Figura 1. Materia seca aérea (MSA): a) para dos años : 2002 y 2003 y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 85; b) para dos años : 2002 y 2003 y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR en GS 95); c) combinando ambos años, bajo dos sistemas de labranza: labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 95.

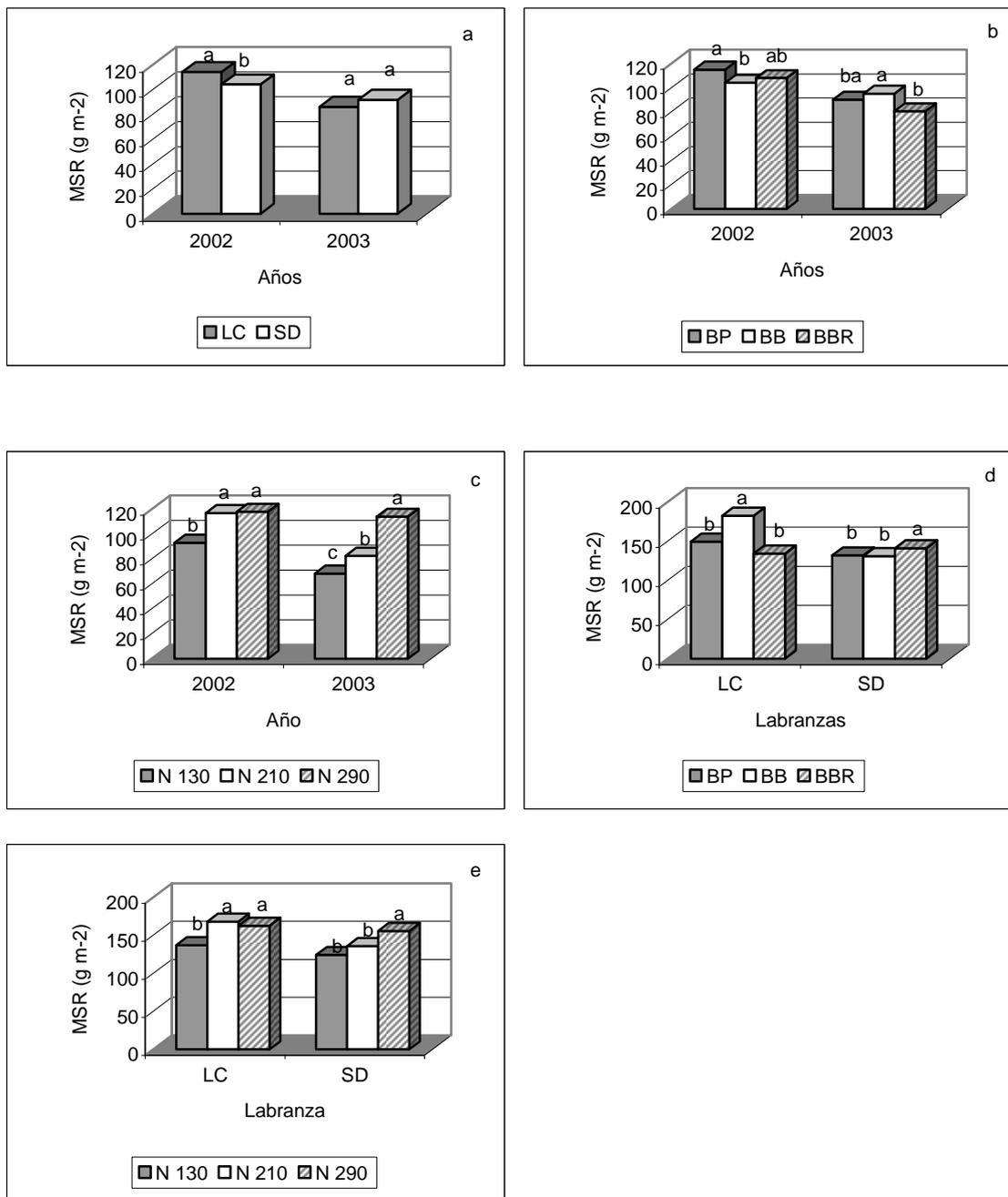


Figura 2. Materia seca radical (MSR) para: a) dos años : 2002 y 2003 y dos sistemas de labranzas: convencional (LC) y siembra directa (SD) en GS 95; b) dos años : 2002 y 2003 y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) en GS 95; c) dos años : 2002 y 2003 y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 95; d) combinando ambos años, bajo dos sistemas de labranza: labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) en GS 85; e)

combinando ambos años, bajo dos sistemas de labranza: labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 85.

En el análisis individual para cada año, para las etapas consideradas, GS 65, GS 69, GS 77, GS 85 y GS 95, tanto la materia seca aérea como la radical presentaron diferencias estadísticamente significativas para las labranzas, los tratamientos de fertilización y los cultivares. En ambos años, 2002 y 2003, tanto la materia seca aérea como la radical resultaron mayores bajo la labranza convencional y en los tratamientos con aplicación de N. Entre los cultivares, BBR presentó menor materia seca aérea que BP y BB, en la mayoría de los estados de crecimiento analizados. El comportamiento de los tres cultivares no presentó una tendencia definida respecto a la MSR (Tablas 1 y 2; Figuras 3 a, b, c, d, e y f y 4 a, b, c, d, e y f).

La respuesta a la fertilización resultó mayor, comparativamente, para la materia seca aérea que para la radical, lo que se pone de manifiesto en la relación MSR/MSA que disminuyó con el agregado de fertilizante. A su vez, la relación MSR/MSA, en la mayoría de los estadios, fue mayor bajo SD que en LC y para BBR que para BB y BP.

Esta relación mantuvo valores de 0,47 en GS 65 en 2002 y 2003, 0,24 y 0,25 en GS69 en 2002 y 2003 respectivamente, 0,23 y 0,26 en GS77 en 2002 y 2003 respectivamente, 0,21 y 0,09 en GS 85 en 2002 y 2003 respectivamente y de 0,11 y 0,07 en GS 95 en 2002 y 2003 respectivamente (Tabla 3).

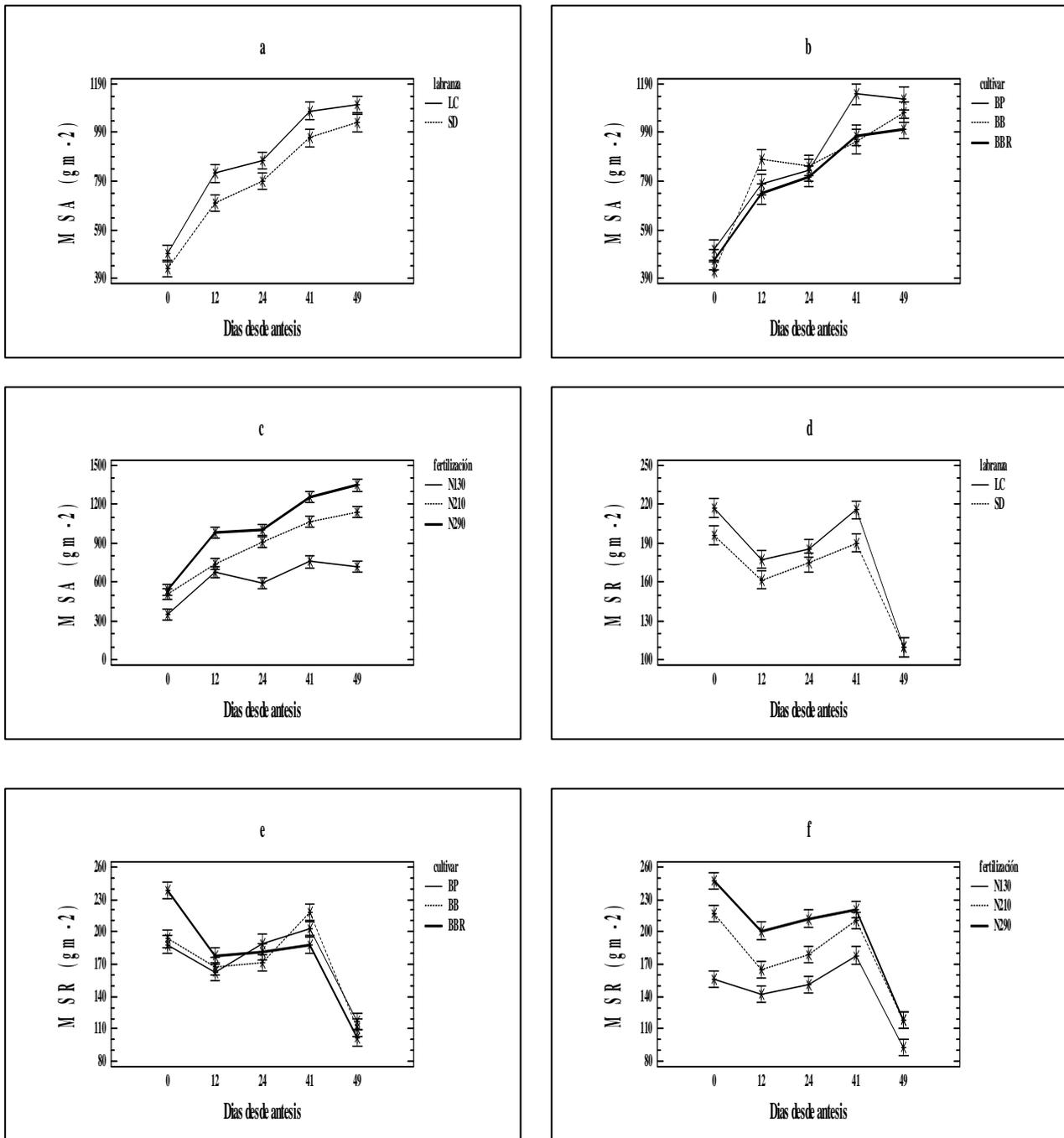


Figura 3. Materia seca aérea (MSA) $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ y materia seca radical (MSR) $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ acumuladas desde antesis, promedio para: a) y d) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), respectivamente; b) y e) tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), respectivamente; c) y f) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), respectivamente, en 2002.

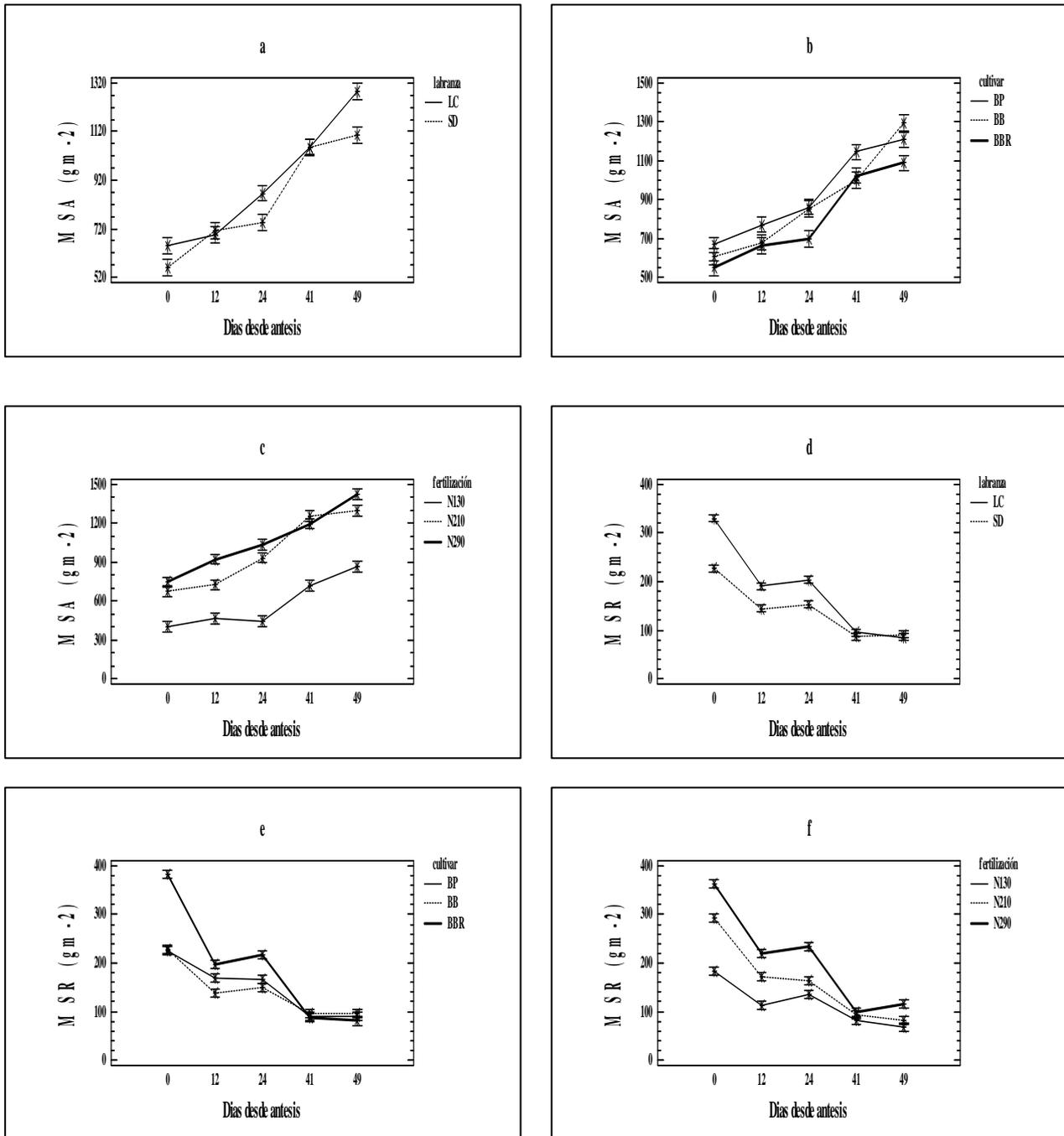


Figura 4. Materia seca aérea (MSA) $g \cdot m^{-2}$ y materia seca radical (MSR) $g \cdot m^{-2}$ acumuladas desde antesis, promedio para: a) y d) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), respectivamente; b) y e) tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), respectivamente; c) y f) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en $kg \cdot ha^{-1}$ (N 130), N inicial, en $kg \cdot ha^{-1}$ + el agregado de $40 \cdot kg \cdot ha^{-1}$ de N a la siembra y $40 \cdot kg \cdot ha^{-1}$ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en $kg \cdot ha^{-1}$ + el agregado de $80 \cdot kg \cdot ha^{-1}$ de N a la siembra y $80 \cdot kg \cdot ha^{-1}$ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), respectivamente, en 2003.

Tabla 1. Medias de la materia seca aérea (MSA) a campo con fungicida, en tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95).

	GS 65 (g m ⁻²)		GS 69 (g m ⁻²)		GS 77 (g m ⁻²)		GS 85 (g m ⁻²)		GS 95 (g m ⁻²)	
Año	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Promedio	463	606	759	703	830	805	1015	1056	1065	1197
Labranza(L)										
LC	494 a	651 a	798 a	696 a	853 a	865	1074 a	1057 a	1108 a	1286 a
SD	432 b	561 b	685 b	710 a	721 b	744	955 b	1056 a	1021 b	1107 b
Cultivar (C)										
BP	506 a	666	769 ba	770 a	829 a	862	1147 a	1145 a	1119 a	1208
BB	466 ab	605	819 a	678 a	853 a	853	976 b	1024 b	1056 ba	1294
BBR	416 b	547	689 b	662 b	808 a	698	922 b	1000 b	1019 b	1088
Fertilizac(F)										
N 130	346 b	403	643 b	464 c	614 b	444	747 c	719 b	718 c	868
N 210	509 a	670	726 b	724 b	929 a	933	1044 b	1253 a	1132 ba	1298
N 290	534 a	745	993 a	922 a	967 a	1037	1253 a	1197 a	1345 a	1423
Interacciones										
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns
F x C	Ns	*	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns	**

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 2. Medias de la materia seca radical (MSR) a campo con fungicida en tres cultivares de trigo : Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95).

	GS 65 (gm ⁻²)		GS 69 (gm ⁻²)		GS 77 (gm ⁻²)		GS 85 (gm ⁻²)		GS 95 (gm ⁻²)	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Labranza(L)										
LC	217	330	181	191	186	202	215	95,5	114	85,6
SD	196	227	157	144	175	153	190	86,9	104	91,5
Cultivar (C)										
BP	188	224	162	168	171	167	203 b	89,2	115 a	90,1
BB	193	228	167	137	189	150	217 a	96,8	104 b	94,9
BBR	238	383	177	197	181	216	188 c	87,6	108 ab	80,5
Fertilización(F)										
N 130	156	182	142 c	112	151	136	178	82,9	93,1	68,4 c
N 210	216	292	164 b	171	178	164	210	93,4	117	82,5 b
N 290	247	362	201 a	220	212	233	220	97,4	118	114 a
Interacciones										
C x L	**	NS	**	NS	**	NS	NS	**	NS	**
F x L	**	**	NS	**	**	**	**	NS	**	NS
F x C	NS	**	NS	**	NS	**	NS	**	NS	NS

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 3. Medias de de la MSR/MSA a campo con fungicida, para los años 2002 y 2003, en tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95).

	GS 65		GS 69		GS 77		GS 85		GS 95	
Año	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Promedio	0,467	0,47	0,24	0,25	0,23	0,26	0,21	0,09	0,11	0,07
Labranza (L)										
LC	0,46 b	0,53	0,23 b	0,27 a	0,22 b	0,25	0,21 a	0,09	0,10	0,07
SD	0,48 a	0,41	0,25 a	0,23 b	0,24 a	0,27	0,21 a	0,09	0,11	0,08
Cultivar (C)										
BP	0,38	0,33 b	0,22 b	0,23 b	0,21 b	0,22	0,18	0,08	0,11	0,08
BB	0,46	0,39 b	0,22 b	0,21 b	0,23 a	0,18	0,24	0,10	0,10	0,07
BBR	0,56	0,69 a	0,28 a	0,33 a	0,23 a	0,36	0,20	0,09	0,12	0,07
Fertilización(F)										
N 130	0,48	0,47	0,27 a	0,27 ab	0,27 a	0,36	0,24	0,12 a	0,14	0,08 a
N 210	0,43	0,45	0,25 ba	0,25 b	0,20 b	0,19	0,21	0,07 b	0,10	0,06 b
N 290	0,39	0,49	0,20 b	0,24 b	0,22 b	0,22	0,18	0,08 b	0,09	0,08 a
Interacciones										
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns	**	Ns	**
F x L	Ns	**	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns	*	Ns
F x C	*	Ns	Ns	Ns	Ns	**	*	Ns	*	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Para la materia seca aérea sólo hubo interacciones significativas fertilizante x cultivar en GS 65, GS 77 y GS 95 en 2003. En GS 95, BP y BBR no mostraron diferencias entre dosis de N aplicada, pero si BB (Figura 5). Las restantes interacciones no fueron significativas o consistentes a través de los estadios analizados.

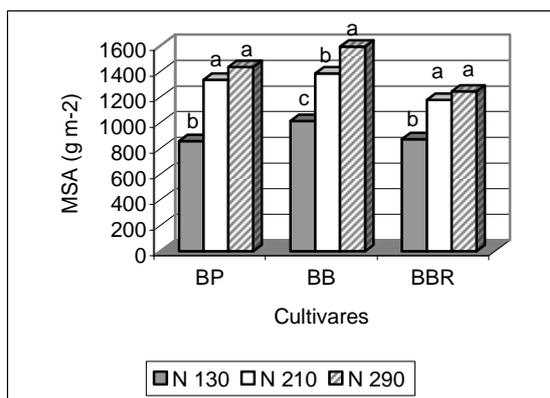


Figura 5. Materia seca aérea (MSA) en GS 95, en el año 2003 en tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

Para la materia seca radical hubo interacción labranza x fertilización en GS 65, GS 77 y GS 85 en 2002 y en GS 65, GS 69 en 2003, en general se observó una menor respuesta a la fertilización en SD (Figura 6a). También hubo interacción labranza x cultivar en GS 65, GS 85 en 2002 y en GS 65, GS 77 en 2003, BB fue el que presentó menor MSR bajo SD, BBR fue el de mayor, en tanto que en LC BB presentó la mayor MSR (Figura 6b). Para la interacción fertilización x cultivar (en GS 65, GS 69, GS 85 en 2002 y en GS 65, GS 69 y GS 85 en 2003), en 2002 para la dosis menor de N aplicada los cultivares de menor respuesta fueron BP y BB, para la dosis más alta el de menor respuesta fue BB, en 2003 para la menor dosis aplicada en cultivar de menor respuesta fue BB y para la mayor dosis no hubo diferencias entre cultivares (Figura 6c). Las figuras corresponden a GS 65, los demás estadios presentaron un comportamiento similar.

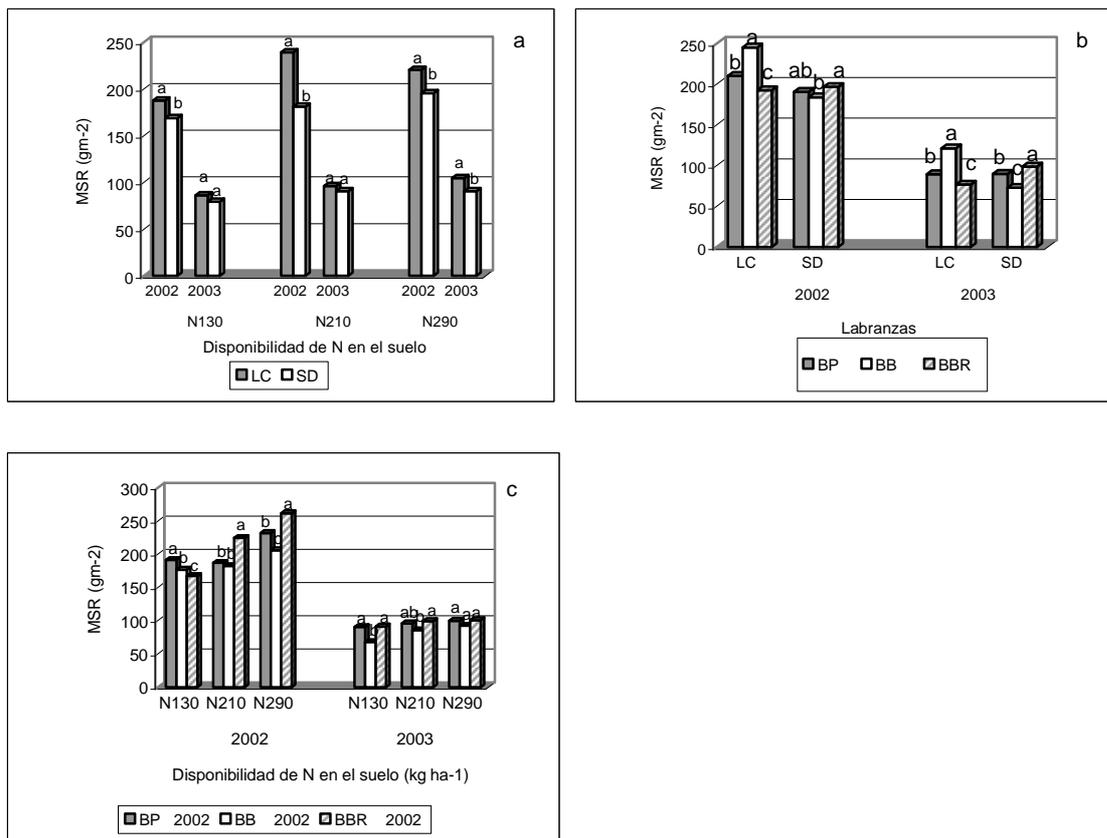


Figura 6. Materia seca radical (MSR) en GS 65, en 2002 y 2003 bajo: a) dos sistemas de labranza : labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y la disponibilidad de N en el suelo: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290); b) dos sistemas de labranza : labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), c) tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

Para la relación MSR/MSA se encontró interacción significativa para fertilización x cultivar en GS 65, GS 85 y GS 95 para el año 2002 y cultivar x labranza en GS 77, GS 85 y GS 95 para el año 2003. En GS 95, con el agregado de N la relación disminuyó en BP y BBR (Figura 7a). La relación fue mayor para BB en LC y para BBR en SD, debido a sus sistemas

radicales en cada uno de esos sistemas de labranza (Figura 7b). En los restantes estadios el comportamiento fue similar.

Las restantes interacciones no fueron significativas o consistentes a través de los estadios analizados.

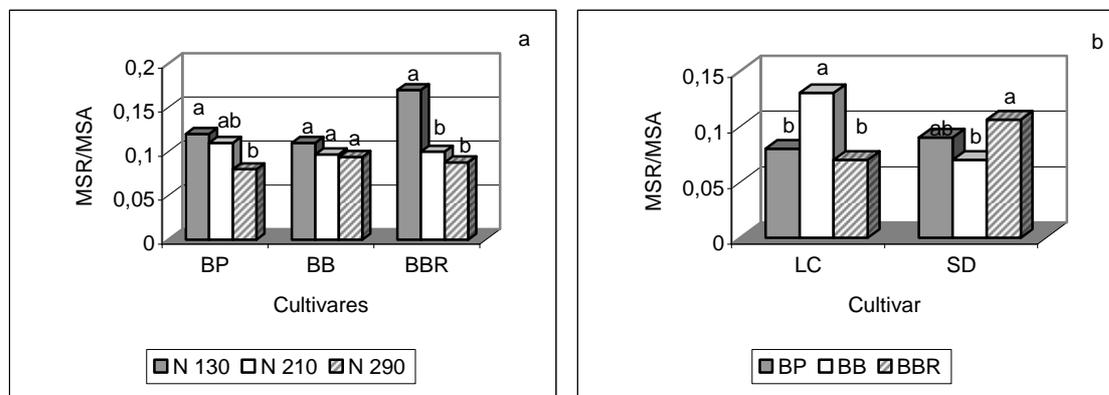


Figura 7. Relación materia seca radical (MSR) y materia seca aérea (MSA) en GS 95, en 2003 a) en tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290); b) dos sistemas de labranza: labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR),

Mientras que la materia seca aérea se incrementó paulatinamente para cada estado fenológico considerado en ambos ensayos (Tablas 1), la materia seca radical presentó un comportamiento diferente, logrando su mayor producción en GS 65, para luego disminuir durante GS 69 (tal vez asociado con la asignación de recursos), mostrar un aumento durante GS 77 y en GS 85, para decaer a su menor valor en GS 95 en el año 2002. En 2003 la materia seca radical también alcanzó su mayor valor en GS 65, disminuyó en GS 69, aumentó en GS 77 y disminuyó tanto en GS 85 como en GS 95 (Figura 8). Si bien con el agregado de N la MSR mejoró su producción, en términos generales, disminuyó desde antesis hacia madurez (los aumentos de materia seca radical observados en algunos estados fenológicos entre GS 65 y GS 85, pueden ser atribuidos a una producción tardía de macollos asociados a las condiciones ambientales dadas durante floración y el llenado de granos, tal lo sugerido por Abayomi & Wright (1999). Dicha producción tardía de macollos fue observada pero no cuantificada debido a su escasa contribución en el rendimiento del cultivo.

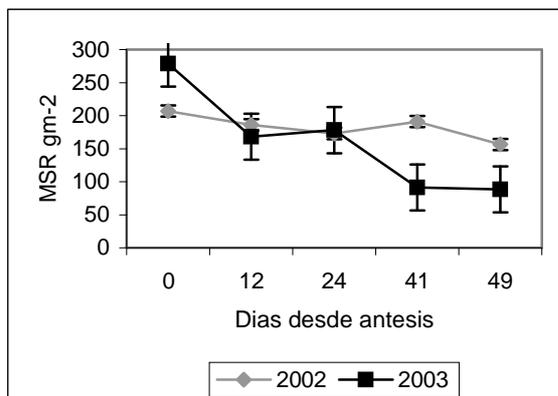


Figura 8. Materia seca radical (MSR) $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ acumulada desde antesis en 2002 y 2003, promedio para tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

Densidad de materia seca radical y densidad de longitud radical:

En la tabla 4 se expresan los análisis de la varianza y los valores promedios para los cinco estados fenológicos analizados de materia seca y longitud considerando el volumen de tierra muestreado, en S y E para cada intervalo de profundidad (densidad de materia seca radical y densidad de longitud radical), en el año 2002. Se observó una disminución tanto de la densidad de materia seca como de la densidad de longitud radical a mayores profundidades, tanto en el surco como en el entresurco. Los resultados obtenidos presentaron diferencias significativas entre los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización. Bajo siembra directa se observó tanto una menor densidad, respecto a la labranza convencional, de materia seca como de longitud de raíces prácticamente en todos los intervalos de profundidad considerados. Entre los cultivares, BBR mostró mayor densidad de materia seca y de longitud radical en todas las profundidades, tanto en el surco como en el entresurco. Asimismo se observó un incremento de ambas variables para los tratamientos con aplicación de fertilizante, especialmente para la dosis mayor.

En el 2003 (Tabla 5), se observó la misma tendencia que en el 2002, encontrándose una disminución de la densidad de materia seca radical a medida que aumentó la profundidad. También ambos parámetros resultaron afectados negativamente bajo siembra directa y en el tratamiento sin el agregado de nitrógeno. Para este año, también, BBR resultó el cultivar de mayor densidad de materia seca y de longitud radical para todas las profundidades analizadas, tanto en el surco como en el entresurco. No obstante se encontraron interacciones para todos los parámetros analizados: labranza x cultivar, labranza x fertilización y cultivar x fertilización, tanto en el surco como en el entresurco, para casi todos los estratos considerados, en ambos años. Estas interacciones presentaron la misma tendencia que las interacciones presentes para la MSR. Respecto a la interacción labranza x cultivar, en S2 y E2, el cultivar BB fue el que presentó menor MSR bajo SD. BBR fue el de mayor MSR en SD. BP mostró un comportamiento intermedio (Figura 9a y b surco y entresurco, respectivamente, año 2002; c y d surco y entresurco, respectivamente, año 2003). Para la mayoría de los casos la producción de MSR, en S2 y E2, en el tratamiento N 130 resultó mayor bajo labranza convencional que bajo siembra directa y la respuesta al agregado de N (N 210 y N 290) también siempre fue mayor en la labranza con reja (Figura 10 a y b surco y entresurco, respectivamente, año 2002; c y d surco y entresurco, respectivamente, año 2003). En la interacción fertilización x cultivar, en S2 y E2, para N 130 los tres produjeron similar MSR, siendo BBR quien presentó mayor respuesta frente al agregado de N, para la mayoría de los casos (Figura 11 a y b surco y entresurco, respectivamente, año 2002; c y d surco y entresurco, respectivamente, año 2003). Las interacciones en los demás surcos y entresurcos presentaron la misma tendencia que en S2 y E2.

Tabla 4. Medias de materia seca (MSR) y longitud (Long) radicales, año 2002, por volumen muestreado en cada estrato en promedio de los cinco estados de crecimiento (GS) analizados (antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95)), en el surco (S) y en el entresurco (E) a campo. (densidad de long radical y densidad de materia seca radical) en 2002, para tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

	MSR (g)	Long (dm)	MSR (g)	Long (dm)	MSR (g)	Long (dm)	MSR (g)	Long (dm)
	S1		S2		S3		S4	
Labranza (L)								
LC	0,45 a	800	0,13	408 a	0,09	100	0,07	75,1 a
SD	0,43 b	513	0,12	321 b	0,06	60,2	0,07	43,3 b
Cultivar (C)								
BP	0,43 b	554	0,13	239 b	0,06	158 b	0,06	67,3 b
BB	0,44 b	639	0,15	340 a	0,07	174 ba	0,06	71,0 b
BBR	0,49 a	913	0,18	333 a	0,09	207 a	0,09	127 a
Fertilización (F)								
N 130	0,38 b	639 b	0,13	298 b	0,06	135	0,04	56,8 b
N 210	0,45 a	850 a	0,15	378 a	0,06	188	0,06	70,3 b
N 290	0,49 a	863 a	0,19	388 a	0,08	220	0,11	135 a
Interacciones								
C x L	Ns	*	**	Ns	**	Ns	**	Ns
F x L	Ns	Ns	**	Ns	**	*	**	Ns
F x C	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns	**	Ns
	E1		E2		E3		E4	
Labranza (L)								
LC	0,32 a	436 a	0,08	300	0,07	200 a	0,10	205,9 a
SD	0,30 b	300 b	0,06	220	0,05	41,5 b	0,07	72,5 b
Cultivar (C)								
BP	0,28 a	342 b	0,06	178 b	0,07	111 b	0,08	39,2
BB	0,33 a	498 a	0,07	223 a	0,05	123 ba	0,08	52,2
BBR	0,30 a	444 ab	0,08	245 a	0,07	154 a	0,08	68,4
Fertilización (F)								
N 130	0,24 b	344 b	0,05	194	0,06	103 b	0,07	42,4
N 210	0,31ba	489 a	0,06	211	0,06	135 a	0,09	45,6
N 290	0,38 a	436 a	0,10	231	0,07	146 a	0,10	61,1
Interacciones								
C x L	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns	**	Ns
F x L	Ns	Ns	**	*	**	Ns	**	Ns
F x C	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns	**	*

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 5. Medias de materia seca radical (MSR), en 2003, por volumen muestreado en cada estrato, en el surco (S) y en el entresurco (E) en promedio de los cinco estados de crecimiento (GS) analizados (antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95)) a campo. (densidad de longitud radical y densidad de materia seca radical), en 2003, para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

	MSR (g)	MSR (g)	MSR (g)	MSR (g)
	S1	S2	S3	S4
Promedio	0,75	0,18	9,50	8,33
Labranza (L)				
LC	0,80,a	0,20	0,11	0,12
SD	0,70 b	0,17	0,07	0,04
Cultivar (C)				
BP	0,71 b	0,17	0,08	0,04
BB	0,66 c	0,18	0,07	0,05
BBR	0,88 a	0,20	0,12	0,15
Fertilización (F)				
N 130	0,52 c	0,12	0,06	0,03
N 210	0,77 b	0,19	0,09	0,04
N 290	0,96 a	0,24	0,13	0,16
Interacciones				
C x L	Ns	**	**	**
F x L	Ns	**	**	**
F x C	Ns	**	**	**
	E1	E2	E3	E4
Promedio	0,40	0,10	0,05	0,02
Labranza (L)				
LC	0,41	0,13	0,07	0,04
SD	0,38	0,06	0,03	0,01
Cultivar (C)				
BP	0,39	0,10	0,05	0,01
BB	0,37	0,09	0,04	0,03
BBR	0,44	0,13	0,07	0,03
Fertilización (F)				
N 130	0,27	0,05	0,03	0,01
N 210	0,43	0,09	0,05	0,02
N 290	0,50	0,14	0,08	0,04
Interacciones				
C x L	**	**	**	**
F x L	*	**	**	**
F x C	**	**	**	**

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

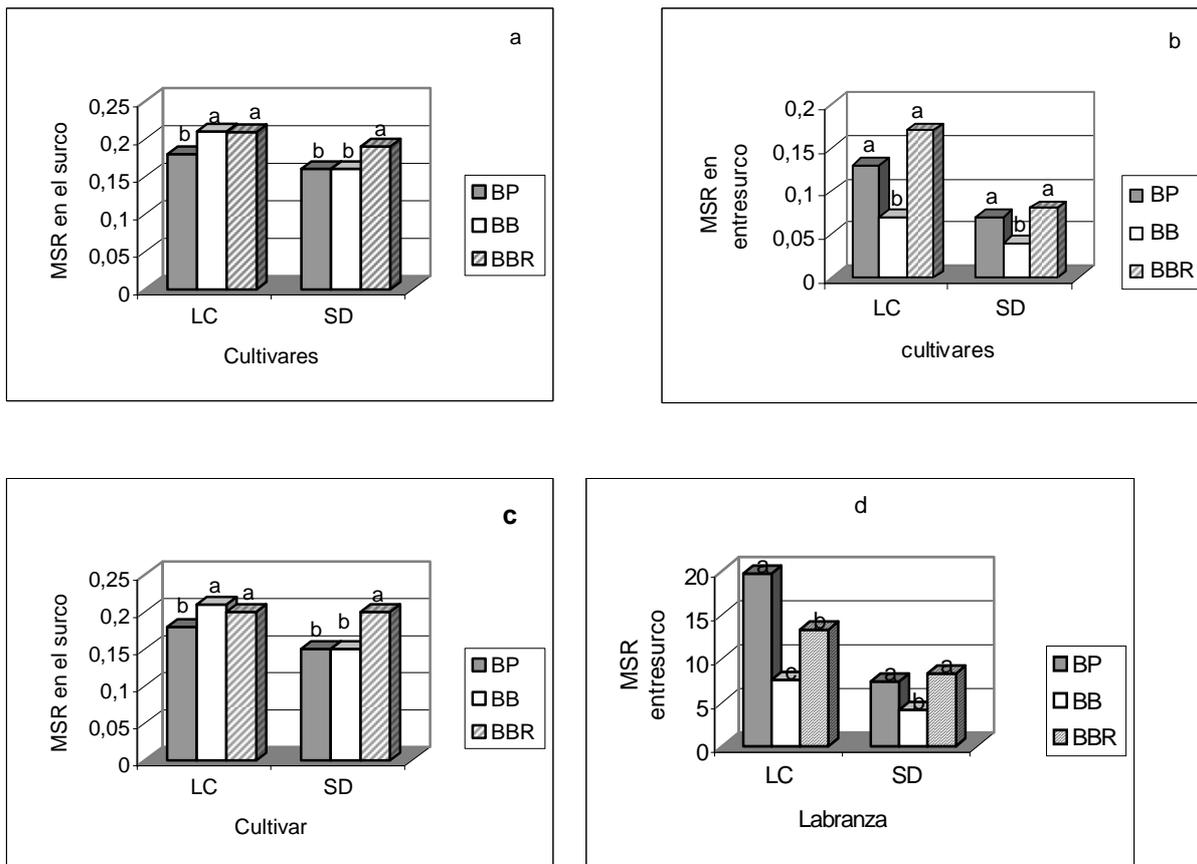


Figura 9. Materia seca radical en el surco (S2) y en el entresurco (E2) para el año 2002 (a y b, respectivamente) y el año 2003 (c y d, respectivamente) bajo dos sistemas de labranza: labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingó (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR).

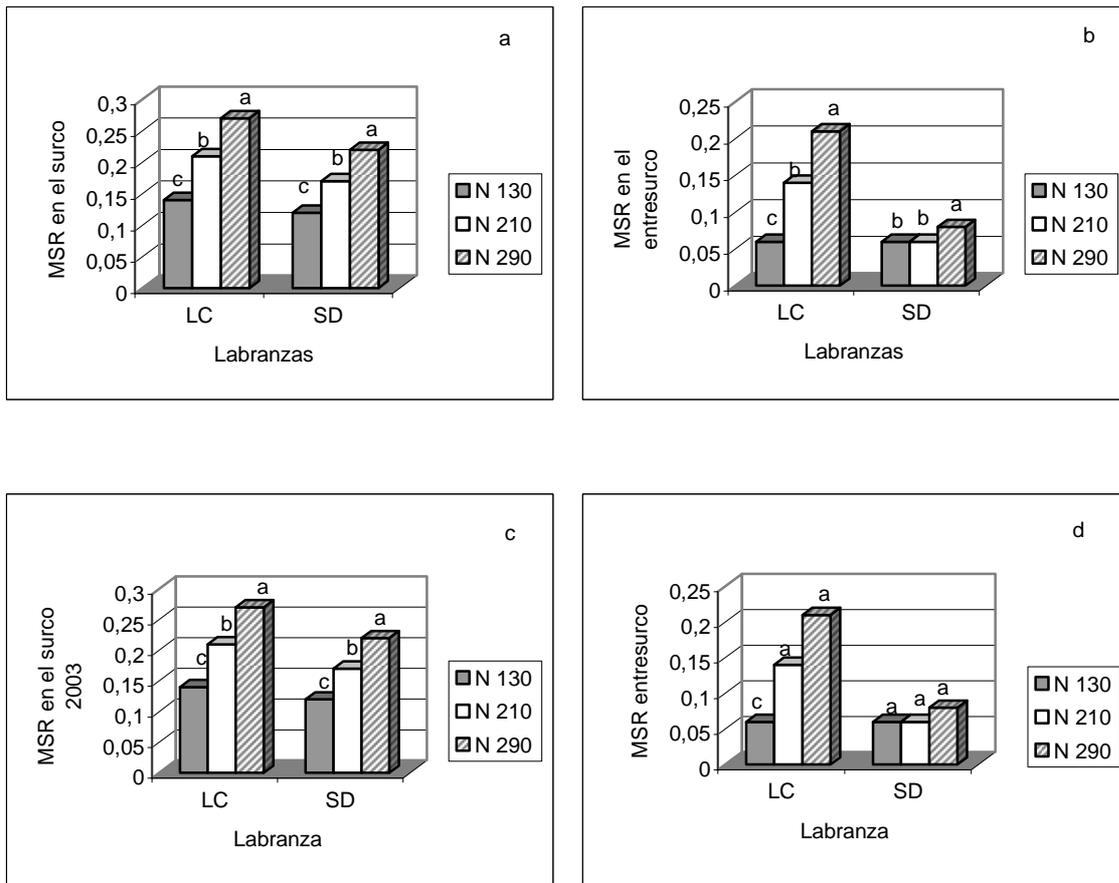


Figura 10. Materia seca radical en el surco (S2) y en el entresurco (E2) para el año 2002 (a y b, respectivamente) y el año 2003 (c y d, respectivamente) bajo dos sistemas de labranza: labranza (convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

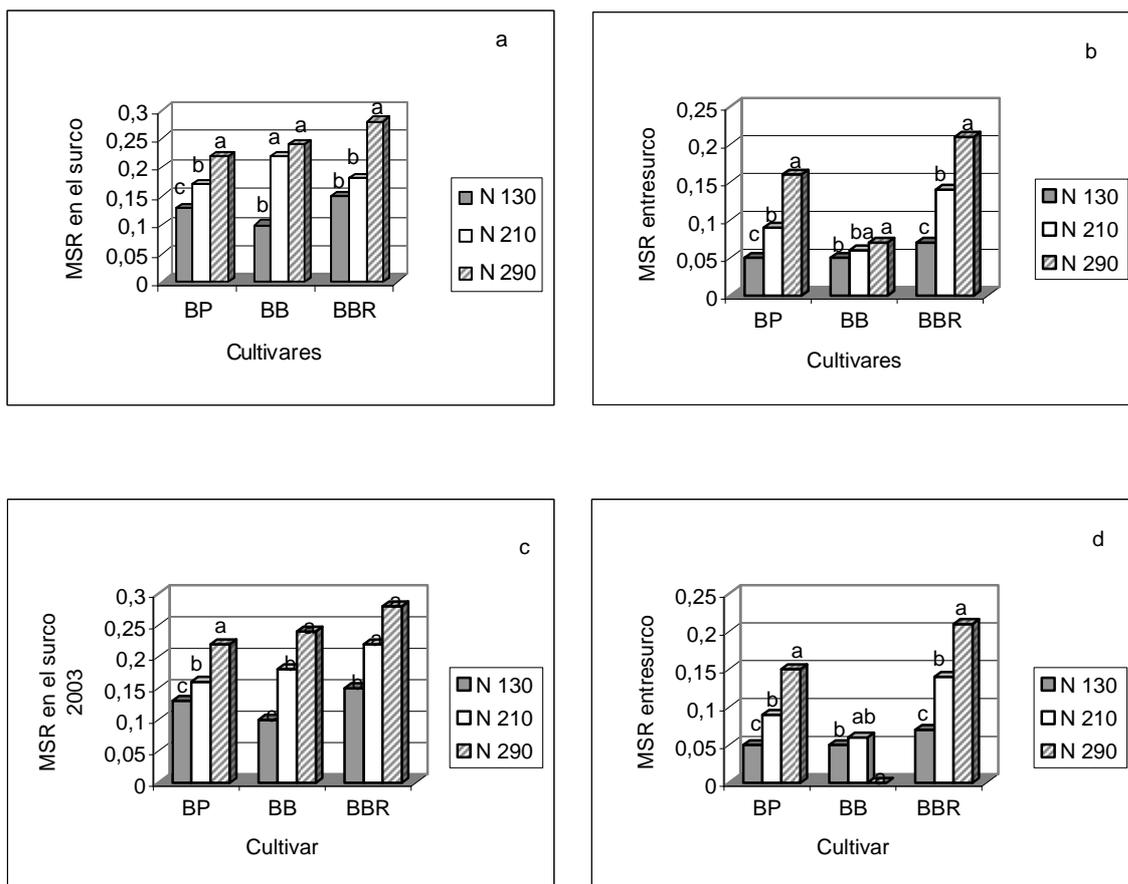


Figura 11. Materia seca radical en el surco (S2) y en el entresurco (E2) para el año 2002 (a y b, respectivamente) y el año 2003 (c y d, respectivamente) para tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

Considerando la distribución del total de las raíces, en promedio para los cinco estados fenológicos en el 2002, un 60 % de la materia seca y un 62 % de la longitud se concentraron en el S, indistintamente para todos los tratamientos considerados. Del peso total en el S, el 60 % se concentró en S1, el 20 % en S2, el 12 % en S3 y 6 % en S4. En E la mayor concentración también fue en el estrato superior 56%, 18 % en E2, 14% en E3 y 11% en E4. Respecto a la longitud total en S, el 55 % se ubicó en S1, el 26 % en S2, el 10 % en S3 y el 6 % en S4. En E los porcentajes para cada estrato fueron: 52 % en E1, 26 % en E2, 14 % en E3 y 7 % en E4. De ello surge que, tanto para la materia seca como para la longitud, en el S se observó una mayor concentración en los dos estratos superiores; en cambio en el E existió una mayor incidencia (comparativamente) de los estratos inferiores. A su vez, también se observó

una mayor participación de los estratos inferiores en el % de longitud radical con respecto al % de materia seca radical.

La distribución presentó diferencias entre ambos sistemas de labranza tanto para el peso como para la longitud; en siembra directa, en el S y en el E se observó una mayor concentración radical en los dos estratos superiores y una menor concentración en los dos inferiores (Figura 12: a, b, c y d). La distribución de la materia seca radical si bien no presentó diferencias muy marcadas por efecto de la fertilización, mostró una tendencia, especialmente para la dosis mayor, a una menor concentración en el estrato superior en el surco con una mayor participación de los estratos inferiores respecto a lo que sucede en el tratamiento testigo y en el entresurco (Figura 12 e, f, g y h).

En el 2003, un 65 % de la materia seca se concentró en el S, indistintamente para todos los tratamientos considerados. Del peso total en el S, el 67 % se concentró en S1, el 17 % en S2, el 8,5 % en S3 y 7,5 % en S4. En E la mayor concentración también fue en el estrato superior 68,5 %, 17 % en E2, 9,5% en E3 y 5% en E4. Aquí, también, se observó en el S una mayor concentración en los dos estratos superiores, en cambio en el E existió una mayor incidencia (comparativamente) de los estratos inferiores. La distribución considerando los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización, presentaron la misma respuesta que para el año anterior (Figura 13 a, b, c, d).

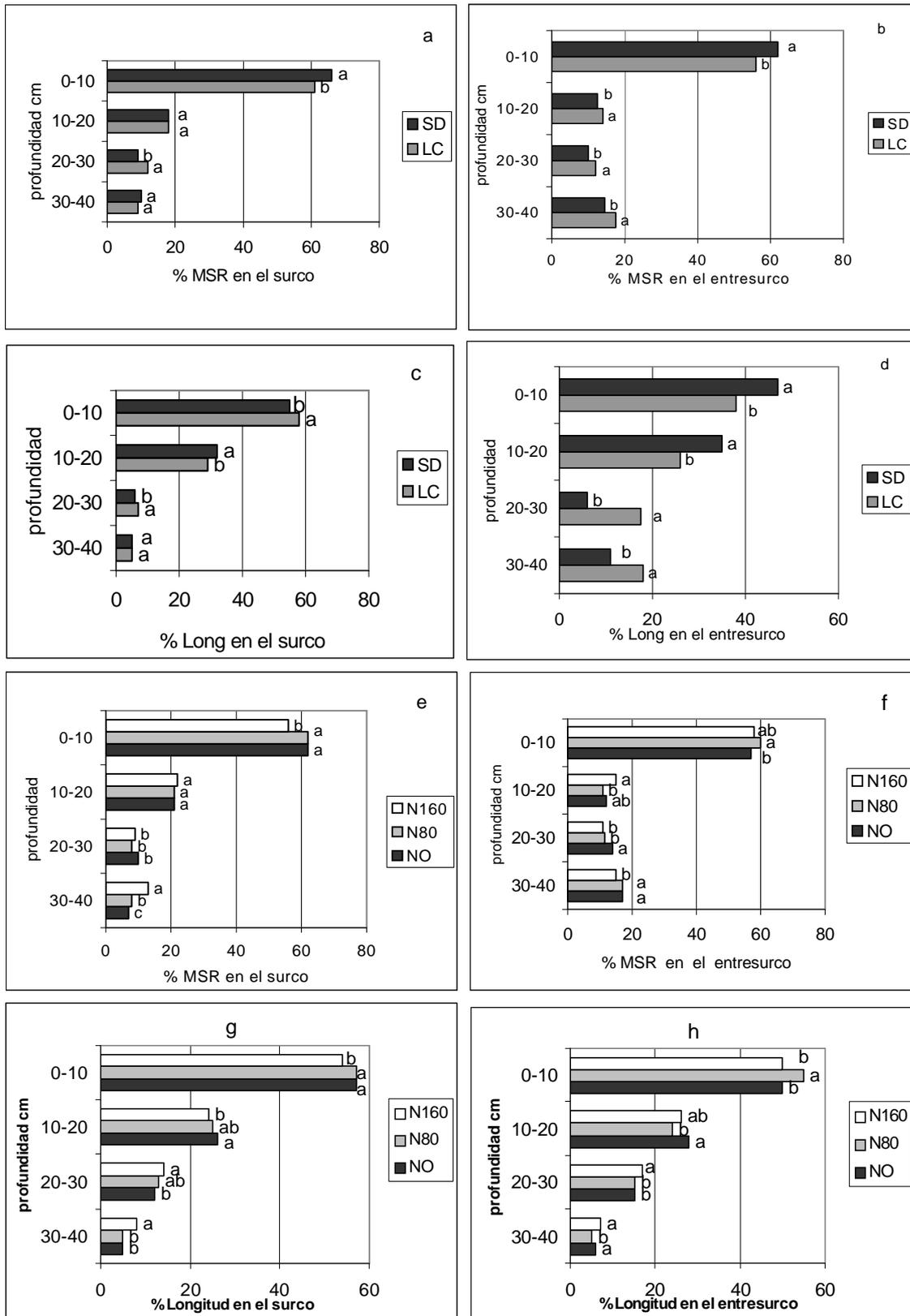


Figura 12. Distribución porcentual del total de materia seca y longitud radical en los estratos analizados, en 2002, en el surco y entresurco, promedio para los cinco estados fenológicos analizados, bajo dos sistemas de labranza: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD) (a y b para la materia seca en el surco y entresurco, respectivamente; c y d para la longitud en el surco y entresurco,

respectivamente) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) (e y f para la materia seca en el surco y entresurco, respectivamente; g y h para la la longitud en el surco y entresurco, respectivamente).

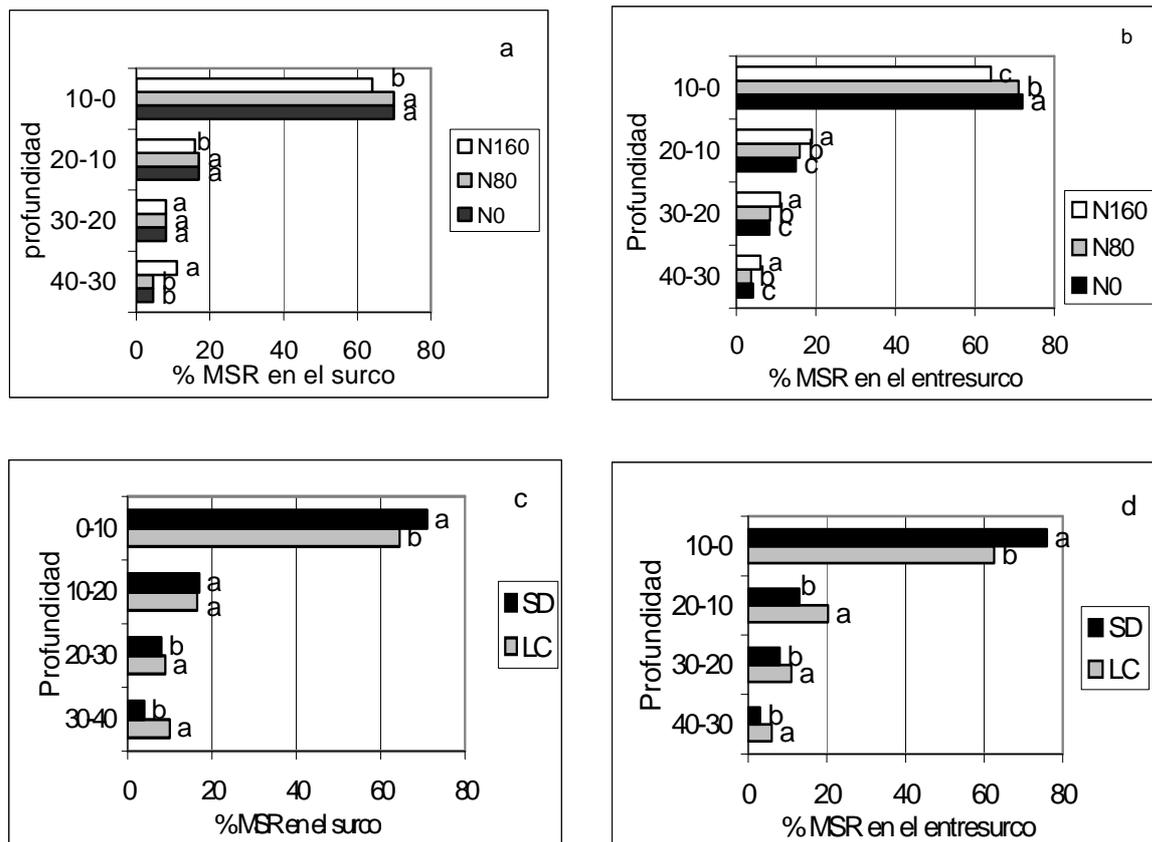


Figura 13. Distribución porcentual del total de materia seca radical en los estratos analizados, en 2003, en el surco y entresurco, promedio para los cinco estados fenológicos analizados, bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) (a y b) y dos sistemas de labranza: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD) (c y d, respectivamente).

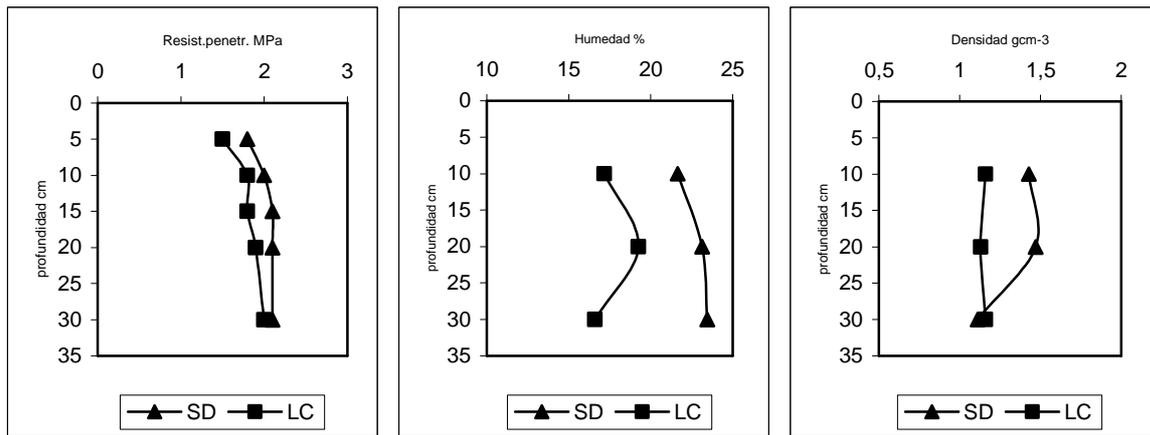


Figura 14. Densidad, resistencia a la penetración y humedad, a cosecha, en el año 2002, Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

Año 2002: comparación entre ensayos en contenedores y a campo.

Para la materia seca aérea, en el análisis combinado hubo interacción ensayo x labranza en GS 69 , GS 77 y GS 95. En GS 95, estadio más representativo, ambas labranzas presentaron menor MSA bajo SD, pero lo disminución fue más marcada en 2003 (Figura 15 a). En los otros estadios la tendencia fue similar. También hubo interacción ensayo x fertilización en GS 69, GS 77, GS 85 y GS 95. En GS 95, a campo hubo respuesta a partir de la mayor dosis aplicada para la producción de MSA, en contenedores la respuesta a la fertilización se logró desde la aplicación de la menor dosis (Figura 15 b). En los restantes estadios la tendencia resultó similar.

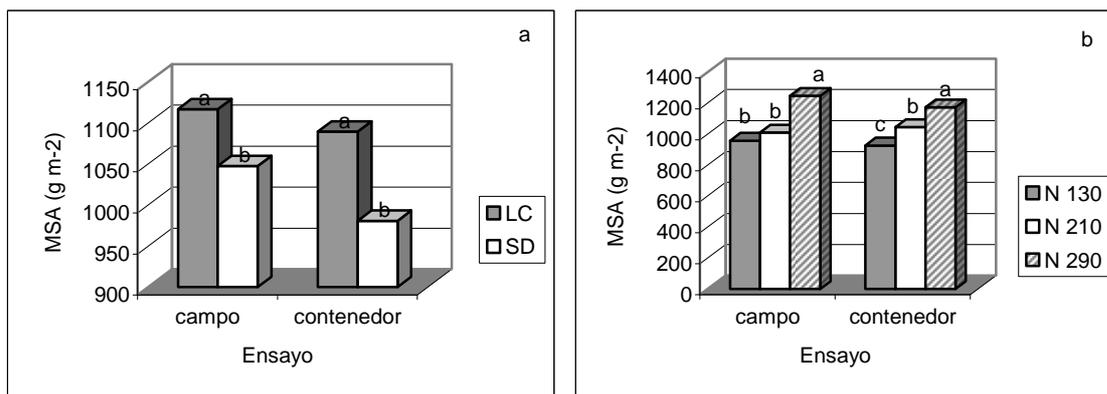


Figura 15. Materia seca aérea (MSA) en GS 95 para: a) ambos ensayos: campo y contenedores y dos sistemas de labranzas: convencional (LC) y siembra directa (SD); ambos ensayos: campo y contenedores y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

Para la materia seca radical, en el análisis combinado hubo interacción ensayo x labranza en GS 95: en el ensayo a campo hubo una mayor disminución de la MSR en SD en relación al ensayo en contenedores. En general, la MSR resultó mayor en los contenedores que a campo (Figura 16 a). También hubo interacción ensayo x cultivar y ensayo x fertilización en todos los estados analizados. En GS 69, a campo BBR resultó el cultivar de mayor MSR y en los contenedores BP y BBR resultaron los de mayor MSR (Figura 16 b). También en GS 69, a campo hubo diferencias entre N130 y los dos tratamientos con aplicación de N (aunque ellos no difirieron entre si). En los contenedores N130 sólo presentó diferencias significativas con la mayor dosis aplicada (Figura 16 c). En los restantes estadios las interacciones presentaron la misma tendencia a excepción de GS 95 para la interacción ensayo x fertilización.

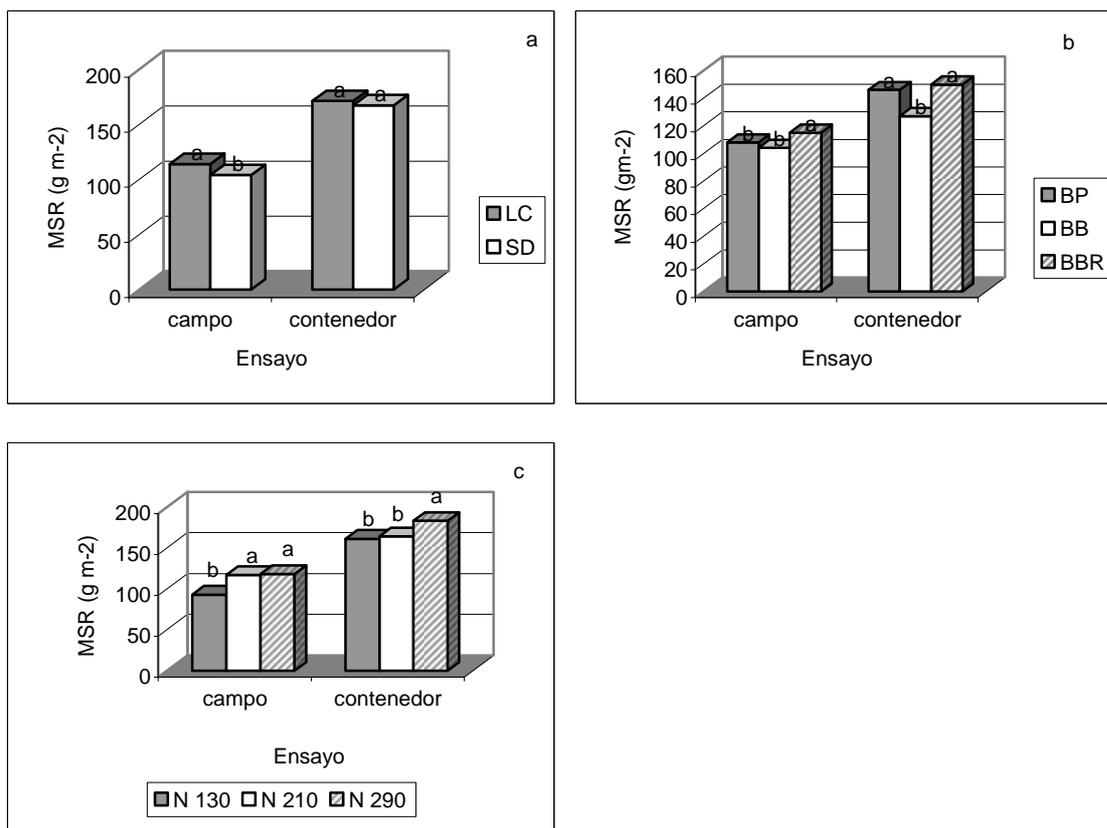


Figura 16. Materia seca radical (MSR) para: a) ambos ensayos: campo y contenedores y dos sistemas de labranzas: convencional (LC) y siembra directa (SD) en GS 95; b) ambos ensayos: campo y contenedores y tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) en GS69; c) ambos ensayos: campo y contenedores y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 69.

En el análisis individual, el ensayo en contenedores, al igual que el ensayo a campo, presentó para la materia seca aérea y radical en GS 65, GS 69, GS 77, GS 85 y GS 95 diferencias estadísticamente significativas para los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización (Tabla 6 y 7), con mayores valores para la labranza convencional y con el agregado de N. Entre los cultivares, BP y BB presentaron, generalmente, mayor producción de materia seca aérea y menor de materia seca radical que BBR, no obstante no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos para el rendimiento (BP: 471,16 gm⁻², BB: 457,68 gm⁻², BBR: 461,86 gm⁻² en el campo y BP: 490,55 gm⁻², BB: 497,41 gm⁻², BBR: 561,82 gm⁻² en los contenedores). La mayor respuesta a la fertilización se obtuvo bajo N 290, y fue mayor para la producción de materia seca aérea que para la radical (Figura 17 a, b, c, d,

e, y f). Esto se reflejó en la reducción de la relación MSR/MSA cuando se aplicó fertilizante. A su vez, la relación MSR/MSA fue mayor bajo SD que bajo LC y para BB y BBR que para BP. Esta relación fue de 0,47 en GS 65; 0,24 en GS 69; 0,22 en GS 77; 0,23 en GS 85 y 0,16 en GS 95 (Tabla 8).

Para la MSR, hubo interacciones significativas labranza x fertilización en GS 65, GS 69 y GS 85. En GS 65, bajo SD si bien se observó respuesta a la fertilización, la producción de MSR resultó menor que bajo LC (Figura 18a). En GS 85 la tendencia fue similar, pero no en GS 69. También hubo interacción labranza x cultivar en GS 65, GS 69, GS 85 y GS 95. En GS 69, BB fue el que presentó menor MSR bajo SD y BP en LC (Figura 18b), para los restantes estadios la tendencia fue similar. Hubo interacción fertilización x cultivar, en GS 65, GS 69, GS 77 y GS 85. En GS 69, en N130 y N210, BP resultó en cultivar con menor MSR, para N290 BB y BP resultaron los cultivares de menor MSR (Figura 18c), en los restantes estadios la tendencia fue similar.

Coincidiendo con el ensayo a campo, en los contenedores si bien la materia seca aérea se incrementó durante el desarrollo del cultivo, la materia seca radical presentó una conducta diferente, con mayores valores en GS 65, una reducción en GS 69, un incremento en GS 77 y en GS 85, alcanzando sus menores valores en GS 95 (Figura 19). La densidad de materia seca radical y la densidad de longitud radical disminuyeron con la profundidad y presentaron diferencias significativas para los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización. Bajo SD ambos parámetros resultaron menores que bajo LC y se incrementaron con el incremento de la dosis aplicada (Tabla 9)

En los contenedores el 46 % del total de la materia seca se concentró en los 0-10 cm de profundidad, el 27 % en los 10-20 cm, 22 % en los 20-30 cm y 5 % en los 30-40 cm de profundidad. Considerando el total de la longitud radical, el 45 % se concentró en los 0-10 cm de profundidad, 26 % en los 10-20 cm, 16 % en los 20-30 cm y 13 % en los 30-40 cm de profundidad. En los contenedores, la distribución de las raíces fue afectada significativamente por el sistema de labranza y los tratamientos de fertilización en el mismo sentido que en el ensayo a campo (Figura 20 a, b, c, d).

Tabla 6. Medias de materia seca aérea (MSA) en contenedores en tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95).

	GS 65 (g m ⁻²)	GS 69 (g m ⁻²)	GS77 (g m ⁻²)	GS85 (g m ⁻²)	GS 95 (g m ⁻²)
Promedio	516	721	855	993	1024
Labranza (L)					
LC	561	780 a	1044 a	1119 a	1067 a
SD	471	662 b	666 b	868 b	981 b
Cultivar (C)					
BP	586 a	791 a	844 a	1004ba	1061 a
BB	483 b	689 b	875 a	1053 a	1063 a
BBR	479 b	683 b	845 a	922 b	947 b
Fertilización (F)					
N 130	477	667 b	845 a	900 b	854 b
N 210	551	798 a	845 a	1018ba	1045 a
N 290	520	698 ba	875 a	1061 a	1172 a
Interacciones					
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	*	Ns	Ns	Ns	Ns
F x C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 7. Medias de materia seca radical (MSR) en contenedores en tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95).

	GS 65 (g m ⁻²)	GS 69 (g m ⁻²)	GS77 (g m ⁻²)	GS85 (g m ⁻²)	GS 95 (g m ⁻²)
Promedio	216	164	168	213	141
Labranza (L)					
LC	229	170	169 a	236	149
SD	203	158	167 a	190	133
Cultivar (C)					
BP	207	174	147	235	127
BB	217	136	160	166	136
BBR	225	180	198	237	150
Fertilización(F)					
N 130	209	136	161	223	128 b
N 210	217	175	164	213	146 a
N 290	223	180	180	203	150 a
Interacciones					
C x L	**	**	Ns	**	**
F x L	**	**	Ns	**	Ns
F x C	**	**	**	**	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 8. Medias de MSR/MSA en tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95).

	GS 65 (g m ⁻²)	GS 69 (g m ⁻²)	GS77 (g m ⁻²)	GS85 (g m ⁻²)	GS 95 (g m ⁻²)
Promedio	0,47	0,24	0,22	0,23	0,16
Labranza (L)					
LC	0,48 a	0,23 b	0,16 b	0,21 b	0,16 b
SD	0,47 a	0,25 a	0,27 a	0,24 a	0,18 a
Fertilización(F)					
N 130	0,54 a	0,22 b	0,22	0,24 a	0,18
N 210	0,43 b	0,23 ba	0,23	0,23 ba	0,16
N 290	0,44 b	0,27 a	0,21	0,22 a	0,16
Cultivar (C)					
BP	0,31 b	0,23 b	0,21 b	0,20 b	0,15
BB	0,59 a	0,22 b	0,26 a	0,23 a	0,21
BBR	0,53 a	0,28 a	0,19 b	0,23 a	0,14
Interacciones					
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
C x F	Ns	Ns	Ns	Ns	*
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

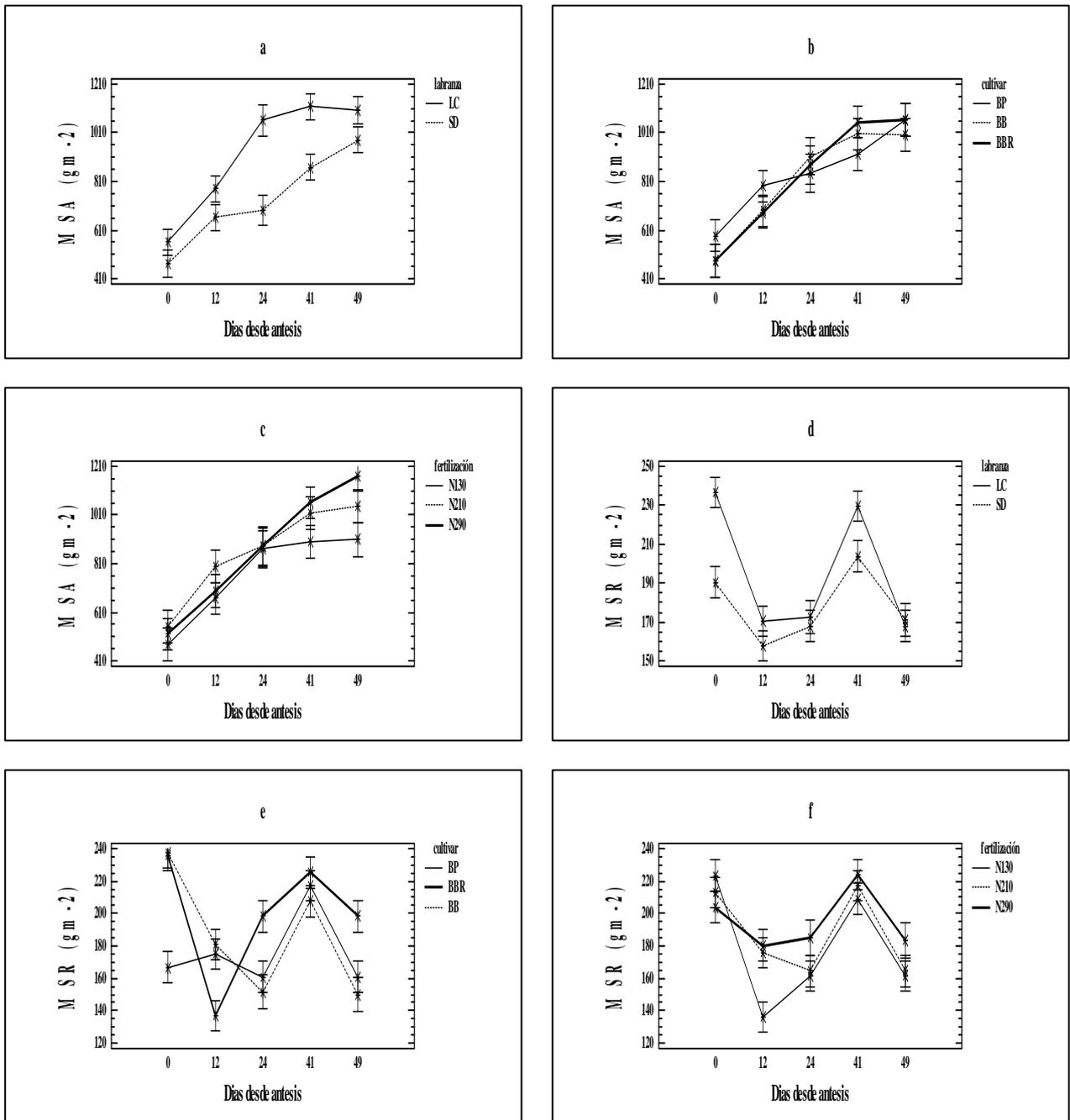


Figura 17. Materia seca aérea (MSA) $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ y materia seca radical (MSR) $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ acumuladas en los contenedores desde antesis, promedio para: a) y d) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), respectivamente; b) y e) tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), respectivamente; c) y f) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), respectivamente.

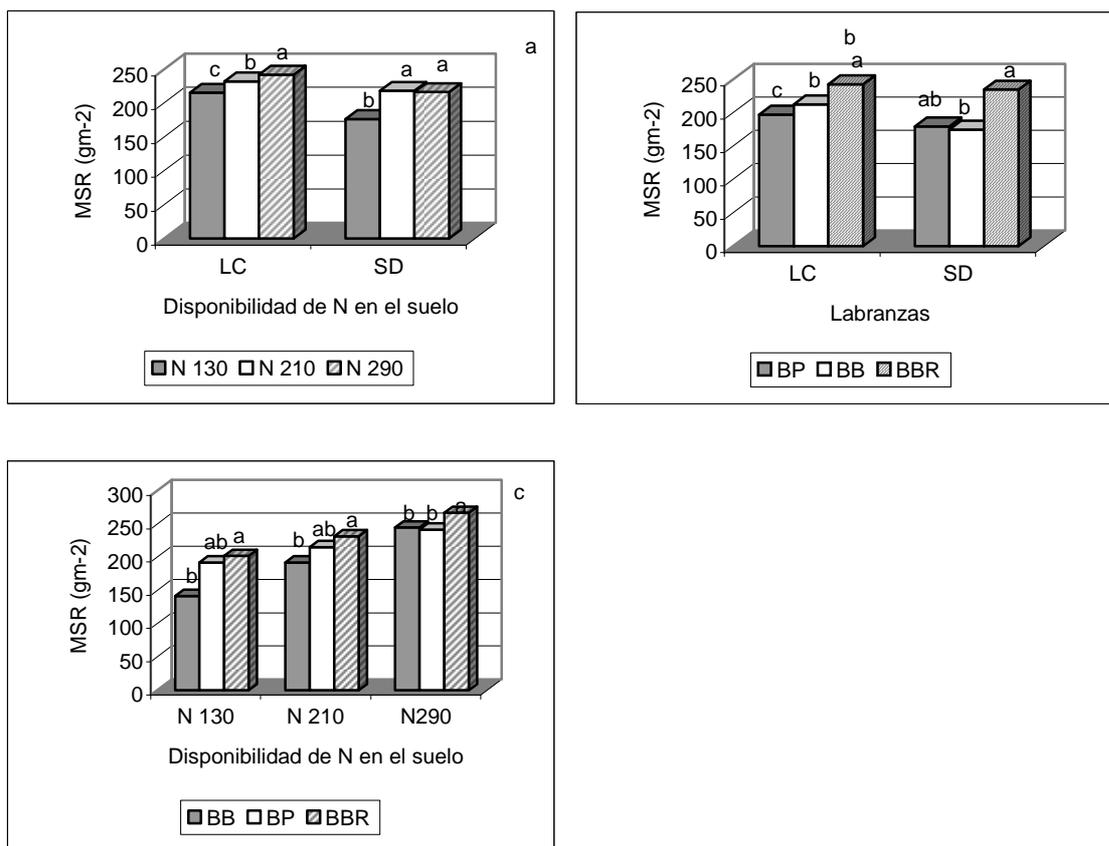


Figura 18. Materia seca radical (MSR), en contenedores, bajo: a) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 65; b) tres cultivares de trigo pan : Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) en GS 85; c) tres cultivares de trigo pan : Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 69.

Tabla 9. Medias de densidad de material seca radical (material seca radical (MSR) por unidad de volumen: 3140 cm³) y densidad de longitud radical (longitud radical (Long) por unidad de volumen: 3140 cm³) en contenedores, para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

	MSR (g)	Long (dm)	MSR (g)	Long (dm)	MSR (g)	Long (dm)	MSR (g)	Long (dm)
	P1		P2		P3		P4	
Labranza (L)								
LC	2,59 a	1997 a	1,61 a	1066 a	1,47 a	734 a	0,23 a	598 a
SD	2,38 b	1753 b	1,25 b	1054 a	0,87 b	578 b	0,33 a	507 a
Fertilización(F)								
N 130	2,04 b	1578 b	1,15 c	1132 a	0,72 b	577 b	0,21 b	529 a
N 210	1,93 b	1672 b	1,46 b	1066 a	0,92 ba	580 b	0,32 a	621 a
N 290	3,18 a	2144 a	1,69 a	976 a	1,79 a	734 a	0,32 a	602 a

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$).

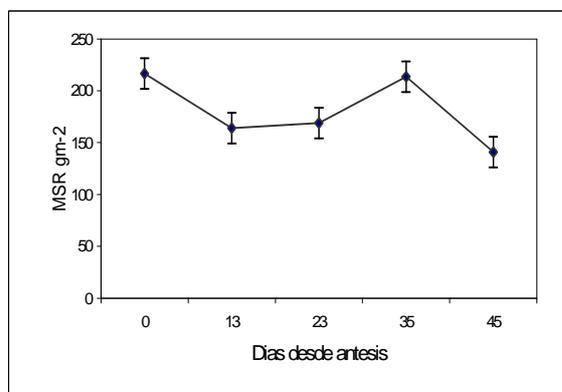


Figura 19. Materia seca radical (MSR) g.m⁻² acumulada, desde antesis hasta madurez, en los contenedores, en promedio, para dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD); tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

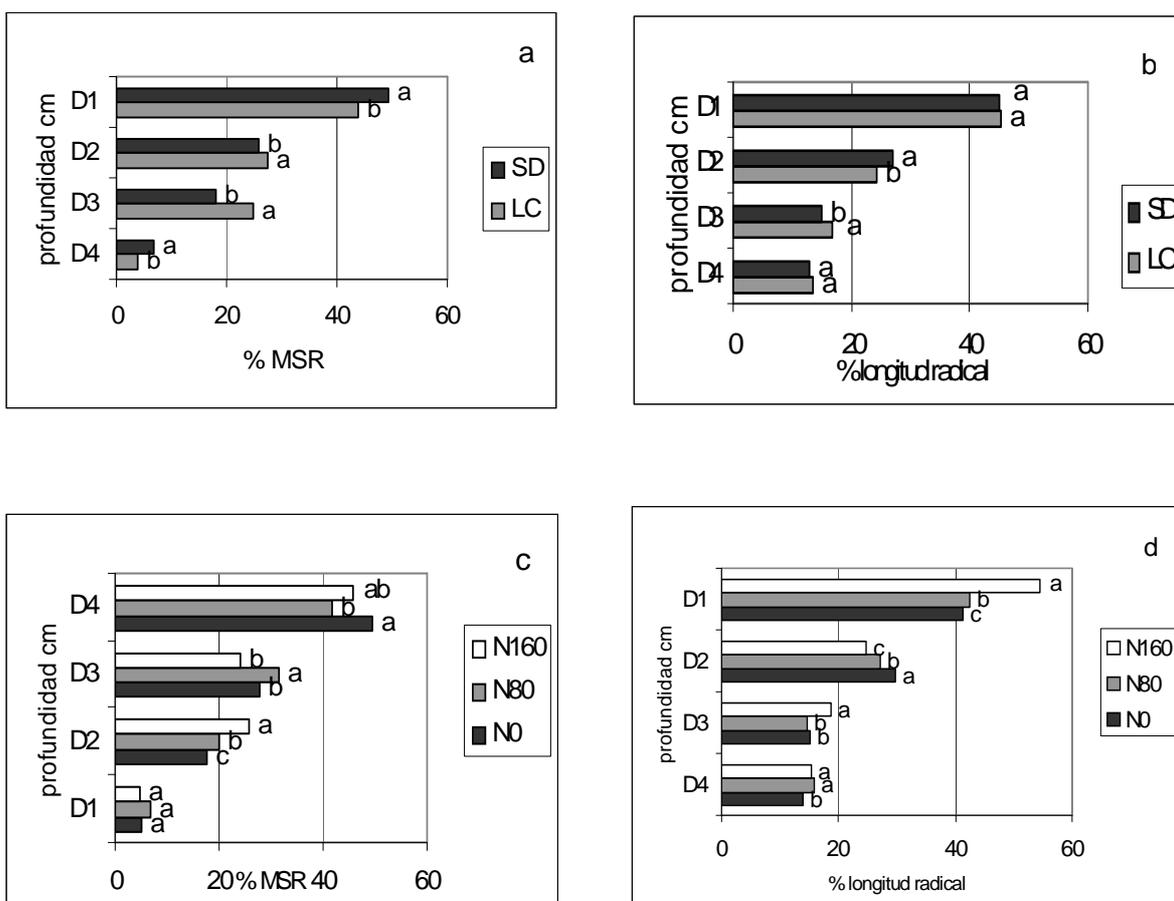


Figura 20. Distribución porcentual del total de materia seca radical en los estratos analizados, en 2003, en el surco y entresurco, promedio para los cinco estados fenológicos analizados bajo dos sistemas de labranza: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD) (a y b, respectivamente) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) (c y d) .

Discusión y conclusiones:

Las óptimas condiciones ambientales, para el cultivo, durante el desarrollo del grano (Figuras 1 y 2 y Tablas 1 y 2 del Capítulo 2) permitieron obtener respuestas a la fertilización tanto en la materia seca aérea como en la radical para todos los estados fenológicos considerados en los tres ensayos realizados. Si bien en el año 2002, ambos ensayos presentaron la misma tendencia respecto a la producción de materia seca radical, se obtuvo

mayor biomasa en los contenedores. Esto pudo estar asociado con la eficiencia de extracción de las muestras en este experimento respecto al ensayo a campo.

La relación MSR/MSA se mantuvo relativamente alta y estable para los estados fenológicos considerados, en los dos años analizados, si se considera que la misma suele resultar muy variable de acuerdo a la disponibilidad de recursos (Hamblin *et al.*, 1990). En general una escasez de recursos en el medio ambiente radical, provoca un cambio en el destino de los asimilados, con un incremento, relativo, mayor del sistema radical respecto a la materia seca aérea (Blum, 1996). En el presente trabajo la respuesta al agregado de N fue mayor para la materia seca aérea que para la radical, puesto que la relación MSR/MSA disminuyó con el agregado de fertilizante. Estos resultados son concordantes con la teoría del balance funcional de Brower propuesto en 1983 y con los hallados por Campbell & de Jong (2000), que han indicado una disminución de esta relación para condiciones de campo con dosis crecientes de N en antesis pero no son concordantes con los encontrados por Golik & Chidichimo (2002) para madurez, donde esa relación no se modificó. Esto último puede atribuirse al estado fenológico en que se calculó la relación. Asimismo los valores obtenidos para dicha relación resultaron altos, si consideramos los citados en la bibliografía, que normalmente son, de alrededor, de 0,4 durante el crecimiento temprano, disminuyendo a medida que el cultivo comienza a crecer rápidamente a valores de alrededor de 0,3 y 0,2 en floración (Gregory, 1991) y menores de 0,10 en madurez (Golik & Chidichimo, 2002). Esto indicaría que frente a buenas condiciones ambientales, es posible mantener una relación MSR/MSA adecuada, con los beneficios que ello implica, durante el llenado de granos. Esta relación en el ensayo en contenedores, principalmente para los últimos estados fenológicos analizados, resultó mayor que para los ensayos a campo, asociado a la mayor materia seca radical que se obtuvo bajo este ensayo en varios estados de crecimiento.

A diferencia de lo hallado por Golik & Chidichimo (2002) para las labranzas con cincel y reja, donde no se encontraron diferencias significativas para la producción materia seca ni para la longitud radical, la siembra directa provocó una menor producción de raíces en relación a la labranza convencional. Esto pudo estar asociado a la mayor densidad aparente y resistencia a la penetración encontrada para este sistema de labranza (Figura 14), tal lo sugerido por Mahboubi *et al.* (1993) y Chagas *et al.* (1994). A su vez, trajo aparejado una menor densidad radical en todos los estratos y una menor concentración porcentual de raíces entre los 10 y 30 cm de profundidad.

Hubo coincidencia en lo encontrado por Unger & Kaspar (1994), en lo referente a una modificación en la distribución radical bajo este sistema de labranza, pero no en cuanto a la

longitud de la misma, puesto que no sólo hemos encontrado una menor producción radical sino, también, que la misma presentó una menor longitud que la obtenida bajo labranza convencional, del mismo modo que lo hallado por Oyanagi *et al.* (1998).

Los cultivares presentaron una interacción diferente según el sistema de labranza. BBR resultó el de mejor interacción bajo SD, siendo BB el más afectado bajo este sistema de labranza.

Si bien con la fertilización se logró un incremento de la materia seca radical y de su longitud, no hubo una modificación marcada de la concentración radical tal lo sugerido por otros autores (Haberle *et al.*, 1996; Van Vuuren *et al.*, 1996; Golik & Chidichimo, 2002). No obstante hubo una tendencia a una disminución de la materia seca en los estratos inferiores (especialmente en S3) y a un aumento de la longitud en el S, disminuyendo en E, muy probablemente asociado a los sitios de mayor concentración del nutriente. Se encontró siempre respuesta al agregado de fertilizante, dependiendo de la dosis aplicada, lo que indicaría que la dosis menor no resultó suficiente para satisfacer los requerimientos del cultivo.

La longitud radical también presentó respuesta al agregado de fertilizante coincidiendo nuestros resultados con los obtenidos por Prystupa *et al.* (2002), para el cultivo de cebada cervecera

La relación MSR/MSA resultó mayor bajo siembra directa que bajo labranza convencional, esto estaría de acuerdo con lo hallado por Setter (1990), para situaciones de estrés en el medio ambiente radical. Estas condiciones desfavorables causaron un cambio en el destino de los asimilados, a favor de un incremento del tamaño del sistema radical relativo a los tallos.

Entre años, el mayor rendimiento encontrado para el año 2002 probablemente estuvo asociado a la mayor disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo.

Como conclusiones se puede establecer que los sistemas de labranza presentan diferencias significativas tanto para la producción de materia seca aérea como para la materia seca y la longitud radical, con una marcada diferencia en la distribución de estos dos últimos parámetros en los estratos subsuperficiales. Para años, con una adecuada oferta hídrica, la labranza convencional presenta mayor producción que la SD.

Los cultivares presentan una interacción diferente, tanto en la producción de MSA como de MSR y su distribución en el perfil, según el sistema de labranza considerado.

La materia seca aérea, la materia seca radical y la longitud radical responden positivamente ante la aplicación de N. Se observa una tendencia a una proliferación de raíces en los sitios de mayor concentración del nutriente.

La relación MSR/MSA se mantiene relativamente alta y estable, para los estados fenológicos analizados. Resulta afectada tanto por las labranzas como por los tratamientos de fertilización, disminuyendo en la labranza convencional y con el agregado de dosis crecientes de N.

CAPÍTULO 4:

ACUMULACION, REMOVILIZACION Y ABSORCION DE N y ACTIVIDAD RADICAL EN POSTANTESIS BAJO DOS SISTEMAS DE LABRANZA Y FERTILIZACION NITROGENADA

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la actividad radical y su relación con la acumulación, removilización y absorción de N durante postantesis bajo dos sistemas de labranza y distintas dosis de fertilización nitrogenada. La mayor acumulación de N bajo la labranza convencional se tradujo en un mayor aporte de N al grano ($10,3 \text{ gm}^{-2}$ en 2002 y $10,1 \text{ gm}^{-2}$ en 2003) y en un mayor rendimiento (485 gm^{-2} en 2002 y 468 gm^{-2} en 2003). La siembra directa no presentó diferencias con la labranza convencional en el N absorbido postantesis, pero sí en el acumulado preantesis. La fertilización aumentó el N acumulado en cada etapa fenológica, el N removilizado y el N absorbido postantesis. La materia seca radical, en términos generales, disminuyó desde antesis hacia madurez. No obstante su tasa de absorción específica de N (SARn) no sólo se mantuvo relativamente constante sino que incluso aumentó durante la última etapa analizada, lo que sugiere que el N acumulado en el grano no sólo proviene del N removilizado sino también del absorbido postantesis, lo que queda corroborado por la relación hallada entre este último y la SARn ($r= 0,55^{**}$ y $0,76^{**}$ para 2002 y 2003 respectivamente). Durante el llenado de granos la MSR no mostró relación con la tasa de absorción de N, pero sí lo hizo su SARn ($r= 0,99^{**}$ y $0,97^{**}$ para 2002 y 2003 respectivamente). Los cultivares presentaron un interacción diferencial frente a los distintos tratamientos analizados

Sobre este capítulo se han realizado las siguientes publicaciones:

*VI Congreso Nacional de Trigo. IV Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-invernal. Bahía Blanca. 20 al 22 Octubre 2004:

-Tasa de absorción específica de nitrógeno en *Triticum aestivum* L. pp: 61-62. Golik Silvina I., Chidichimo Hugo O., Simón María Rosa.

*XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, Santa Rosa, La Pampa, 2004:

-Biomasa y removilización y absorción de N en trigo en postantesis. pp: 202. Golik Silvina I., Juan Ignacio Zanelli, Adrián Oliveira, Hugo Chidichimo.

*7th International Wheat Conference. Mar del Plata, Argentina. Nov 27-Dec 2, 2005:

-Nitrogen Uptake and Root Activity in Wheat: 188. Golik S.I., Chidichimo H.O., Simón M.R.

*XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 19 al 22 Septiembre de 2006.Salta:

Removilización, acumulación de n y actividad radical postantesis en trigo. pp: 330. Golik Silvina I., Hugo O. Chidichimo. Trabajo completo en CD.

*XXXI Jornadas de Botánica. Corrientes. Septiembre 2007:

Materia seca y actividad radical durante el llenado de granos en trigo. pp: 79. Golik Silvina I., Chidichimo Hugo O.

* Actividad radical, removilización y absorción de N en trigo en postantesis bajo dos sistemas de labranza y fertilización nitrogenada” Silvina I. Golik y Hugo O. Chidichimo. Agriscientia, 2007. 24: 45-55.

Introducción:

El N se encuentra involucrado en todos los procesos metabólicos de las plantas. Su absorción y partición depende en gran medida de la disponibilidad y demanda durante todo el ciclo del cultivo.

Se conoce que el N absorbido previo a la antesis, en los cereales invernales, representa alrededor del 50 al 75 % del N total en la planta a cosecha (Austin *et al.*, 1976; Spiertz & Ellen, 1978; Heitholt *et al.*, 1990), dependiendo entre otros factores del cultivar empleado (Takahashi *et al.*, 1996) y que en condiciones de alta fertilidad del suelo la absorción postantesis resulta igualmente importante porque está positivamente correlacionada con el contenido de N en el grano (Sarandón *et al.*, 1997). Esta absorción se encuentra mucho más influenciada por factores ambientales como la temperatura, humedad y disponibilidad de agua y N (Papakosta & Gagianas, 1991) que la absorción previa a la antesis. En situaciones normales de campo es común que la disponibilidad de N a partir de floración resulte escasa (Delogu *et al.*, 1998; Ruiz, 2001). Si la restricción que impone el agotamiento del N del suelo se supera con ofertas mayores (por ejemplo con aportes por fertilización en dosis fraccionadas) se pueden observar aumentos en la absorción postfloración (Osaki *et al.*, 1997; Delogu *et al.*, 1998; Ruiz, 2001) puesto que el trigo conserva la capacidad de captar N después de antesis (Frederik & Bauer, 1999, Golik *et al.*, 2004). En la medida que la restricción nitrogenada es menos marcada, la curva de acumulación de N sigue la marcha de la acumulación de la materia seca permitiendo a su vez una mayor duración del área foliar en etapas más avanzadas del cultivo.

Si bien la tasa máxima de crecimiento de las raíces se alcanza en floración (Siddique *et al.*, 1990), pudiendo decrecer sustancialmente en postantesis, no implica que la actividad de las mismas, en cuanto a la absorción de nutrientes, no se mantenga más allá de dicho estado fenológico. Aunque poco se conoce acerca del desarrollo y actividad radical bajo condiciones de campo durante el llenado de grano, es probable que la materia seca radical disminuya, sin embargo la tasa de acumulación lineal de N en el grano proviene tanto de la absorción activa de N durante el llenado de grano como de la removilización de N de tejidos vegetativos. No obstante, esto podría depender de otros factores tales como el manejo del cultivo y los cultivares utilizados que pueden generar diferentes estrategias de crecimiento y funcionalidad de las raíces.

Se sabe que los tipos de labranzas modifican la dinámica del nitrógeno y en consecuencia inciden sobre la productividad de los cultivos. La siembra directa aparece como una

alternativa factible en respuesta a la generalizada degradación de los suelos producida por la intensificación de la agricultura. Sin embargo en numerosos trabajos se menciona, para un amplio rango de suelos, un menor crecimiento vegetativo de los cultivos bajo este sistema de labranza que se lo atribuye a una mayor compactación (Mahboubi *et al.*, 1993; Chagas *et al.*, 1994) o al menos a un endurecimiento superficial del suelo bajo este sistema de labranza (Taboada *et al.*, 1998; Ferreras *et al.*, 2001). En general la menor temperatura, junto con la mayor humedad y densidad aparente bajo siembra directa producen cambios en las condiciones del suelo que afectan el crecimiento radical como la absorción de nutrientes, el crecimiento aéreo y el rendimiento del cultivo (Ruijun *et al.*, 2005).

A su vez, bajo sistemas sin laboreo, la demanda de N de algunos cultivares puede no estar sincronizada con la disponibilidad en el suelo, modificando la eficiencia en los procesos de acumulación y partición del N (Sarandón & Caldiz, 1990).

Takahashi *et al.* (1996) realizaron una detallada investigación sobre la acumulación de carbohidratos en 4 etapas desde 2 días previos a antesis hasta madurez (una inicial (I) desde GS 65 hasta GS 69; una fase temprana (TE) de llenado del grano, desde GS69 hasta GS 77; una fase tardía (TA) de llenado del grano, desde GS 77 hasta GS 85 y una etapa final, desde GS 85 hasta GS 95 (F)) y obtuvieron como resultado que durante la primera etapa los asimilados son usados principalmente para la elongación del último entrenudo del tallo principal, durante la segunda los asimilados son utilizados tanto para el crecimiento de los granos, como para su acumulación en el último entrenudo de la caña, durante la tercera los asimilados son usados enteramente para el crecimiento de los granos y el material almacenado en el último entrenudo de la caña es removilizado (en un cierto porcentaje, que se incrementa y adelanta frente a situaciones de estrés) hacia los granos y la etapa final de llenado de grano, donde el crecimiento del grano es solamente soportado por los asimilados removilizado desde el último entrenudo de la caña o tallo principal. Sin embargo, para alcanzar un alto rendimiento, no sólo la asimilación de carbono, sino también la asimilación de N debe ser considerada. Asimismo, trabajando sobre el metabolismo del N, en las 4 etapas anteriormente citadas para los carbohidratos, consideran que durante las tres primeras existe una alta absorción desde el suelo y removilización desde los órganos vegetativos y durante la última existe principalmente una removilización importante. No obstante, estas etapas del llenado del grano son variables de acuerdo al cultivar y pueden resultar modificadas por las condiciones ambientales.

El objetivo de este trabajo fue analizar la acumulación, removilización y absorción postantesis de nitrógeno y su relación con la actividad radical durante estados avanzados en distintos cultivares bajo dos sistemas de labranza y distintas dosis de fertilización nitrogenada.

Materiales y métodos:

Los ensayos a campo y en contenedores se realizaron de acuerdo a lo indicado en el capítulo 2 de materiales y métodos.

Se determinó el % de N por microKjeldahl, para las distintas etapas fenológicas consideradas previa división del material en paja y espiga y en paja, granza y granos en madurez. A partir del % de N y la materia seca correspondiente, se determinó, para cada estado de crecimiento, el N acumulado en gm^{-2} . También se determinó: la absorción de N postfloración (gm^{-2}) como la diferencia entre el contenido de N de la planta total a madurez y a floración y el N removilizado (gm^{-2}) como la diferencia entre el N de la planta entera a floración y el N contenido en la paja a madurez (Delogu *et al.*, 1998).

Con el fin de hacer un estudio más detallado del metabolismo del N durante el llenado del grano se consideraron 4 épocas, basado en la actividad fotosintética, morfogénesis y la partición de la materia seca en el canopeo según Takahashi *et al.* (1996): (I) fase inicial del llenado de grano (etapa de formación de las estructuras del grano), desde antesis (GS 65) hasta cese de elongación de la caña (coincidente con el estado de cuaje: GS 69), esto último se determinó mediante la medición directa del último entrenudo durante 7 a 14-20 días después de antesis; (Te) fase temprana de llenado de grano, desde el cese de elongación de la caña hasta fin del estado de grano lechoso (GS 77), que se determinó en forma práctica a campo a los 10 días del estadio anterior; (Ta) fase tardía de llenado de grano, desde fin del estado de grano lechoso hasta fin del estado de grano pastoso (GS 85) que se determinó en forma práctica a campo a los 10 días del estadio anterior; (F) fase final de llenado de grano, desde el cese de la fotosíntesis hasta madurez comercial (14% de humedad) (GS 95)) y en base a ellas se determinó el N removilizado y el absorbido, como valores porcentuales del contenido de N en el grano, en dos fases durante el llenado de grano: primero desde antesis (An) hasta cese de la actividad fotosintética (CP), (es decir en I+Te+Ta) y luego en la fase final (F), desde cese fotosíntesis hasta madurez (Ma). Esto se calculó con las siguientes ecuaciones:

1) contribución del N absorbido del suelo durante I+Te+Ta:

=incremento del N en la planta entera desde An hasta CP/ N contenido en el grano a madurez

2) contribución del N removilizado desde los órganos vegetativos durante I+Te+Ta:

= disminución del N en los órganos vegetativos desde An hasta Cp/ N contenido en el grano a madurez

3) contribución del N absorbido desde el suelo durante F:

= incremento de N en toda la planta desde CP hasta Ma/ N contenido en el grano a madurez

4) contribución del N removilizado desde los órganos vegetativos durante F:

= disminución del N en los órganos vegetativos desde CP hasta Ma/ N contenido en el grano a madurez.

También se calculó: el índice de cosecha del N (ICN) como la relación entre el N total en el grano (Ng) y el N total de la parte aérea a madurez (Nt); la eficiencia en la utilización del N (EUtN) en kg/kg como la relación entre el rendimiento y el Nt; la eficiencia agronómica (EA) en kg/kg como la relación: (rend con Nx - rend con N 130) / Kg. de N aplicado en Nx; Eficiencia fisiológica (EF) como la relación: (rend con Nx - rend con N 130) / (N absorbido o acumulado con Nx - N acumulado con N 130); fracción aparente recuperada (FAR) (%) como la relación: (N absorbido o acumulado con Nx - N acumulado con N 130) / N aplicado en Nx (estas fórmulas de cálculo fueron extraídas del trabajo de Delogu *et al.*, 1998).

Para estimar la actividad radical en cada etapa fenológica, se utilizó la tasa de absorción específica de N (SARn, mg N. día⁻¹ g⁻¹ materia seca de raíz) propuesta por Osaki *et al.*, 1995), calculada como la relación entre la tasa de acumulación de N y el peso seco promedio de las raíces, para cada período analizado.

Los resultados se procesaron con un análisis de varianza y las medias se compararon según la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidades. Además se analizaron las posibles correlaciones entre las variables planteadas.

Debido a la presencia de efectos significativos de los años sobre la acumulación de N y a la presencia de interacciones con los años, se realizó un análisis por separado de cada año.

Resultados :

Años 2002 y 2003: ensayos a campo

Las condiciones ambientales que prevalecieron resultaron óptimas para el desarrollo del cultivo (precipitaciones de junio a diciembre: 502,6 mm); adquiriendo las temperaturas y las precipitaciones valores muy cercanos a los históricos (Figuras 1 y 2 y Tablas 1 y 2 del Capítulo 2).

En el análisis combinado para ambos ensayos, se encontraron interacciones significativas, principalmente, entre año x labranza en GS 65, GS 69, GS 85. En GS 85, estadio más representativo, en 2002 hubo diferencias entre los sistemas de labranza, pero no en 2003 (Figura 1a), en los restantes estadios la tendencia fue similar. Hubo interacción año x cultivar en GS 77, GS 85 y GS 95. En GS 95, en el año 2002 los cultivares no presentaron diferencias, en 2003 BP fue el de mayor acumulación (Figura 1b), en los restantes estadios la tendencia fue similar. También hubo interacción año x fertilización en GS 65, GS 85 y GS 95 y fertilización x cultivar en GS 65, GS 69, GS 85 y GS 95. En GS 95, en 2002 hubo diferencias entre dosis de N aplicadas, pero no en 2003 (Figura 1c). BP y BB fueron los que más respondieron frente a las dosis de N aplicadas (Figura 1d) que fueron más consistentes hacia el final del ciclo fenológico. Para los restantes estadios, las interacciones presentaron un comportamiento similar. Debido a estas interacciones se realizó un análisis por separado de cada año.

Acumulación de N y su removilización y absorción postantesis para cada año:

La acumulación de N, el N removilizado y el N absorbido postantesis, fueron afectados en forma diferente por los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización en las etapas fenológicas analizadas tanto en el 2002 como en el 2003.

En nuestro trabajo hubo una alta asociación entre el N acumulado y la MSA para los dos años analizados (Figuras 2 y 3). Dicha asociación resultó mayor en 2002. En 2002 la acumulación de N en la planta presentó diferencias significativas por efecto de las labranzas en GS 95 (Tabla 1). En 2003, el efecto de las labranzas sobre la acumulación de N en planta fue significativo en GS 65 (Tabla 2). Se encontró correlación positiva, para ambos sistemas de labranza, entre el N acumulado en el cultivo y la materia seca aérea total (para LC, promedio de ambos años: $r=0,86^{**}$ en GS 65, $r=0,90^{**}$ en GS 69, $r=0,89^{**}$ en GS 77, $r=0,91^{**}$ en GS 85, $r=0,91^{**}$ en GS 95; para SD, promedio de ambos años: $r=0,95^{**}$ en GS 65, $r=0,90^{**}$ en GS 69, $r=0,92^{**}$ en GS 77, $r=0,88^{**}$ en GS 85, $r=0,93^{**}$ en GS 95). La mayor acumulación de N bajo la labranza convencional se tradujo en un mayor aporte de N al grano (Tablas 1 y 2).

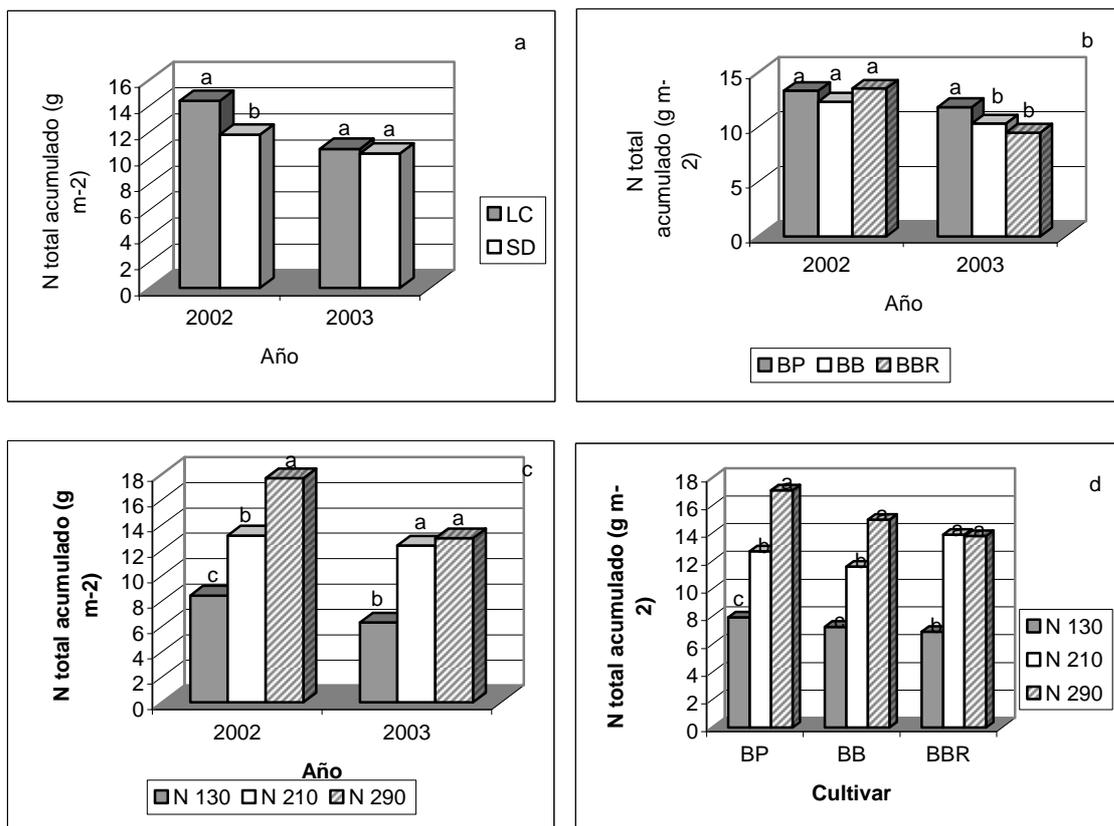


Figura 1. N total acumulado para: a) dos años : 2002 y 2003 y dos sistemas de labranzas: convencional (LC) y siembra directa (SD) en GS 85; b) dos años : 2002 y 2003 y dos sistemas de labranzas: convencional (LC) y siembra directa (SD) en GS 95; c) dos años : 2002 y 2003 y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 95; d) tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) en GS 95.

La siembra directa si bien no presentó diferencias con la labranza convencional en el N absorbido postantesis, sí lo hizo en el acumulado preantesis (Tabla 3).

Los tratamientos de fertilización presentaron efecto significativo, en GS 65 y GS 95 para el año 2002 y en GS 69 para el año 2003, incrementándose el N acumulado con dosis crecientes de N aplicado (Tablas 1 y 2). El aporte del N removilizado hacia la espiga del acumulado en los

tejidos vegetativos preantesis y del acumulado postantesis se incrementó con el agregado de fertilizante (Tabla 3).

Entre los cultivares no se observaron diferencias durante GS 65 y GS 95 en 2002 y en GS 69 en 2003, en la acumulación de N (Tablas 1 y 2). No presentaron diferencias significativas en el N removilizado y en el acumulado postantesis en 2002 (Tabla 3).

Se encontró interacción labranza x fertilización en GS 69 y en GS 85 en 2002 y GS 77, GS 85 y GS 92 en 2003; cultivar x labranza en GS 69, GS 77 y GS 85 en 2002 y en GS 85 y GS 95 en 2003 y cultivar x fertilización en GS 65, GS 77, GS 85 y GS 95 en 2002 y GS 65, GS 77, GS 85 y GS 95 en 2003, para esta variable. En GS 85, sin el agregado de N, la acumulación de N no difirió entre labranzas, pero con el agregado de N la mayor respuesta se obtuvo bajo LC (Figura 4 a). Los cultivares tuvieron un comportamiento diferente frente a los sistemas de labranza y a los tratamientos de fertilización. BB fue el de mayor acumulación bajo SD. BP y BBR fueron los de mayor acumulación en LC (Figura 4 b). Para la interacción cultivar x fertilización, en 2002 BP presentó menor diferencia en la acumulación de N entre dosis de N aplicadas respecto a BB y BBR; en 2003 BP no presentó diferencia en la acumulación de N entre dosis de N aplicadas, pero si BB y BBR (Figura 4 c). Para los restantes estadios la tendencia fue similar.

Respecto al N en grano y al N acumulado postantesis se observaron las mismas respuestas que para el N acumulado, para las interacciones entre cultivares y labranzas y entre cultivares y tratamientos de fertilización que para el N acumulado, lo que indica la fuerte asociación existente entre dichos parámetros (Tablas 4 y 5). BP y BBR bajo SD no presentaron diferencias o disminuyeron el N postantesis acumulado en las plantas respecto a la LC, BB presentó mayor acumulación bajo SD. (Figuras 5 a y 6 a) Para la interacción cultivar x fertilización BB y BBR fueron los de mayor respuesta a la dosis menor aplicada, para la dosis mayor el de mayor acumulación de N fue BBR (Figuras 5 b y 6 b). No hubo interacción entre labranza y fertilización para ninguno de los dos parámetros analizados.

Metabolismo del Nitrógeno durante el llenado de granos en los tres cultivares analizados:

En nuestros ensayos la mayor absorción de N del suelo continuó hasta la cesación de la fotosíntesis en las 3 variedades (Figura 7). A su vez, durante I+TE+TA, el N absorbido desde el suelo resultó mayor que el N removilizado desde los órganos vegetativos en los 3 cultivares, especialmente en BBR (Tabla 6).

Nuestros cultivares presentaron una baja removilización en la etapa F; la mayor parte del N removilizado se dio en I+TE+TA. Menos del 50 % del N del grano provino del N removilizado en nuestros 3 cultivares.

Eficiencia agronómica del N y sus componentes;

Mientras que la EUtN fue de 36 kg de grano.kg⁻¹ en el tratamiento testigo en 2002 y de 43 kg de grano.kg⁻¹ en el tratamiento testigo en 2003, la misma disminuyó a 32,52 kg.kg⁻¹ en promedio en los tratamientos fertilizados en 2002 y a 30,94 kg.kg⁻¹ en los tratamientos fertilizados en 2003. El tipo de labranza no modificó en forma significativa esta variable. Entre los cultivares, BBR resultó el más eficiente en el año 2002.

El ICN presentó diferencias estadísticamente significativas para los sistemas de labranza sólo en el año 2002, donde la SD presentó menor valor. No presentó diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos de fertilización en 2002 ni en 2003. A su vez, para los cultivares, sólo hubo diferencias significativas en el año 2003, presentando BB mayor ICN (Tabla 7).

La EA representa la habilidad de la planta para incrementar el rendimiento en respuesta al N aplicado. La EA presentó diferencias significativas, en 2002, para los sistemas de labranzas y los tratamientos de fertilización y los cultivares, mientras que en 2003 sólo hubo efecto significativo para los tratamientos de fertilización. En el año 2002 la EA resultó mayor bajo la labranza convencional y para BBR. Para ambos años la misma disminuyó con el agregado de dosis mayores de N (Tabla 7).

La EF, no presentó diferencias significativas para los sistemas de labranzas. Asimismo, presentó diferencias para los tratamientos de fertilización en 2003 y para los cultivares en ambos años. La misma disminuyó con dosis crecientes de N aplicado y resultó mayor para BB (Tabla 7).

La FAR, presentó diferencias significativas en ambos años para los tratamientos de fertilización y para los cultivares en 2002. La misma disminuyó con dosis crecientes de N aplicado y resultó mayor para BBR y BP (Tabla 7).

Biomasa y actividad radical:

Si bien, en términos generales, la MSR disminuyó durante el llenado de grano (Capítulo 3), su SARn no sólo se mantuvo relativamente constante sino que incluso aumentó durante la última

etapa analizada (GS 95) (Figura 8). Se encontró correlación positiva entre la SARn y el N absorbido postantesis (Tablas 4 y 5), La SARn presentó diferencias significativas para los sistemas de labranzas en GS 69 en 2003, a favor de la SD. Para los tratamientos de fertilización presentó diferencias significativas en GS 77 en 2002, siendo mayor con el agregado de fertilizante (Tabla 8). Presentó interacción para labranza x cultivar en GS 69, GS 77, GS 85 y GS 95 para 2002 y en GS 77, GS 85 y GS 95 para 2003. En GS 95, BB presentó mayor SARn bajo SD en ambos años, relacionado con su menor MSR bajo este sistema de labranza, BP y BBR presentaron mayor SARn bajo LC en ambos años (Figura 9a) y fertilización x cultivar: en el año 2002 los tres cultivares respondieron ampliamente a las dosis de fertilizante aplicadas, pero este efecto fue más notorio en BB y BP. En el 2003 la respuesta a la fertilización resultó menor (Figura 9b), para los restantes estadios estas interacciones tuvieron un comportamiento similar.

Durante el llenado de granos, la MSR no mostró relación con la tasa de absorción de N, pero sí lo hizo su SARn (Tablas 4 y 5). A su vez, la SARn presentó correlación positiva, para ambos años, con el N total acumulado, N postantesis, N en grano y el rendimiento.

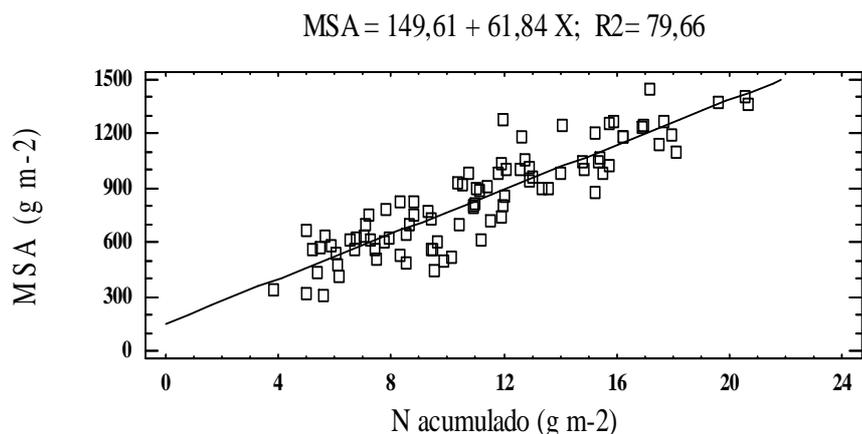


Figura 2. Relación entre acumulación de materia seca aérea (MSA) y N acumulado, en tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), para cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95), en 2002.

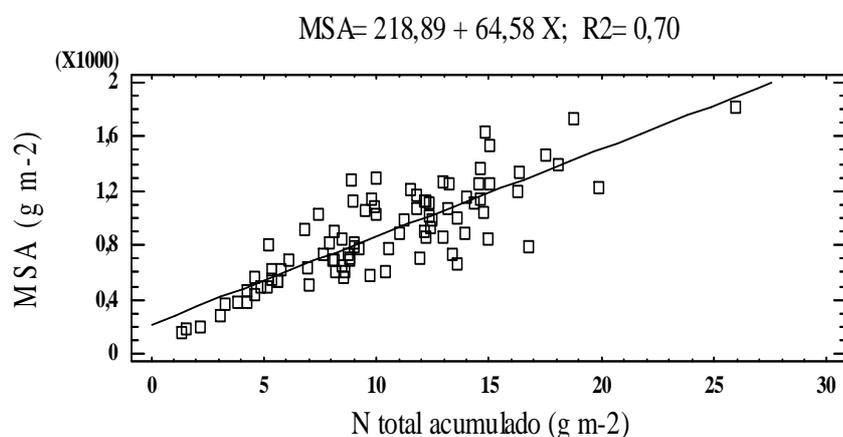


Figura 3. Relación entre acumulación de materia seca aérea (MSA) y N acumulado, en tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), para cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95), en 2003.

Tabla 1. Medias de nitrógeno total, año 2002, para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), cinco estados de crecimiento (GS).

	GS 65 (g m ⁻²)			GS 69 (g m ⁻²)			GS 77 (g m ⁻²)			GS 85 (g m ⁻²)			GS 95 (g m ⁻²)			
	Planta	espiga	paja	Planta	espiga	paja	planta	espiga	paja	Planta	Espiga	paja	planta	espiga	paja	Granza
Promedio	7,99	2,08	5,91	9,43	5,20	4,22	11,0	6,90	4,10	13,0	10,7	2,35	14,2	9,98	2,71	1,43
Labranza (L)																
LC	8,22 a	2,12 a	6,10 a	9,71	5,28	4,43	11,3	7,14 a	4,23	14,3	11,8	2,53	14,5 a	10,3 a	2,73 a	1,44 a
SD	7,77 a	2,00 a	5,72 a	9,14	5,13	4,01	10,6	6,66 a	3,97	11,7	9,61	2,17	13,9 b	9,59 b	2,70a	1,43 a
Cultivar (C)																
BP	8,19 a	2,04 a	6,15 a	9,16	4,76	4,40	11,4	7,34 a	4,08	13,3	10,3	3,02	13,5 a	9,43 a	2,76 a	1,71 a
BB	7,75 a	2,04 a	5,71 a	10,0	5,66	4,42	11,8	6,75 a	5,07	12,3	10,2	2,14	13,9 a	10,0a	2,95 a	1,39ab
BBR	8,04 a	2,16 a	5,87 a	9,05	5,19	3,85	9,79	6,64 a	3,15	13,5	11,6	1,89	14,2 a	9,88 a	2,44 b	1,19 b
Fertilización(F)																
N0	5,35 c	1,37 c	3,98 c	6,04	3,55 c	2,49	6,89	4,42 b	2,47	8,44	7,04	1,40	9,43 c	6,69 c	1,85 c	0,81 b
N80	8,21 b	2,24 a	5,96 b	8,79	5,17 b	3,62	12,0	7,73 a	4,32	13,1	11,0	2,12	14,7 b	10,4 b	2,86 b	1,45 a
N160	10,4 a	2,63 a	7,78 a	13,4	6,89 a	6,56	14,0	8,57 a	5,22	17,6	14,1	3,53	18,6 a	12,7 a	3,44 a	2,02 a
Interacciones																
C x L	Ns	Ns	Ns	*	**	Ns	**	Ns	**	**	**	**	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	Ns	Ns	Ns	*	Ns	**	Ns	Ns	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	*	**	Ns	**	**	**	**	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 2. Medias de nitrógeno total, año 2003, para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290). cinco estados de crecimiento (GS).

	GS 65 (g m ⁻²)			GS 69 (g m ⁻²)			GS 77 (g m ⁻²)			GS 85 (g m ⁻²)			GS 95 (g m ⁻²)			Granza
	Planta	espiga	paja	planta	espiga	paja										
Promedio	8,41	2,08	6,15	8,97	4,51	4,45	9,29	5,45	3,84	10,53	8,32	2,20	13,5	9,41	3,75	0,36
Labranza (L)																
LC	9,21 a	2,20 a	7,01 a	8,90 a	4,72 a	4,17 a	10,5	6,15 a	4,36 a	10,7	8,46	2,23 a	14,4	10,1	3,82	0,40
SD	7,61 b	2,20 a	5,29 b	9,04 a	4,30 b	4,73 a	8,08	4,75 b	3,33 b	10,3	8,17	2,17 a	12,6	8,64	3,70	0,33
Cultivar (C)																
BP	8,38	2,25	6,13 a	8,98 a	4,55 a	4,43 a	9,63	5,32 a	4,31	11,8	9,51	2,33	12,9	8,30	4,28	0,32
BB	8,76	1,89	6,34 a	9,14 a	4,52 a	4,62 a	9,84	5,67 a	4,17	10,2	8,03	2,22	14,0	9,67	4,02	0,38
BBR	8,08	2,10	5,98 a	8,78 a	4,47 a	4,31 a	8,41	5,35 a	3,06	9,48	7,41	2,06	13,6	10,2	2,9	0,39
Fertilización(F)																
N0	4,43	1,19	3,23 c	4,55 c	2,36 c	2,18 c	4,42	2,71 b	1,70	6,29	5,31	0,97	6,92	4,58	2,10	0,23
N80	9,36	2,17	6,65 b	9,23 b	4,79 b	4,44 b	10,6	6,07 a	4,56	12,4	9,54	2,82	14,9	10,4	4,18	0,37
N160	11,4	2,87	8,56 a	13,1 a	6,37 a	6,74 a	12,8	7,56 a	5,27	12,9	10,1	2,82	18,7	13,2	4,98	0,49
Interacciones																
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	*	**	Ns	**	**	**	**
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns	Ns	*	*	Ns	*	Ns	*	**
F x C	**	*	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns	*	**	**	**	**	**	*	**

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente

Tabla 3. N removilizado, N absorbido postantesis, ños 2002 y 2003, para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS).

	N removilizado (g m ⁻²)		N absorbido postantesis (g m ⁻²)		Rendimiento (g m ⁻²)	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Promedio	5,27	4,68	6,31	5,30		
Labranza (L)						
LC	5,49 a	5,38 a	6,35 a	5,20	485 a	468 a
SD	5,05 a	3,98 b	6,27 a	5,41	441 b	399 b
Cultivar (C)						
BP	5,43 a	4,09	6,90 a	4,53	471 a	453 a
BB	4,80 a	4,84	6,00 a	5,85	457 a	426 a
BBR	5,57 a	5,12	6,03 a	5,53	461 a	420 a
Fertilización(F)						
N 130	3,50 c	2,33	4,07 c	2,49	323 c	285 c
N 210	5,35 b	5,28	6,57 b	6,16	487 b	482 b
N 290	6,95 a	6,44	8,29 a	7,27	579 a	533 a
Interacción						
C x L	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x C	Ns	*	Ns	*	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 4: correlaciones (n = 53), en GS 95, entre materia seca aérea (MSA), materia seca radical (MSR) nitrógeno total (N total), removilizado (N remov), acumulado postantesis (N postantesis), nitrógeno en grano (N grano), rendimiento y tasa de absorción específica (SARn), en 2002

Variables	Ntotal	MSA	MSR	SARn	Δ N	N remov	N post antesis	N grano	Rendimiento
Ntotal		0,92**	0,50**	0,42**	0,50**	0,50**	0,80**	0,97**	0,82**
MSA			0,56**	0,34*	0,40**	0,51**	0,70**	0,91**	0,84**
MSR				-0,06ns	0,01ns	0,40*	0,32*	0,56**	0,60**
SARn					0,99**	-0,12ns	0,55**	0,36*	0,50**
Δ N						-0,09ns	0,62**	0,42**	0,25ns
N remov							-0,09ns	0,52**	0,82**
N postantesis								0,76**	0,63**
N grano									0,82**
Rendim									

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 5. Correlaciones (n = 53), en GS 95, entre materia seca aérea (MSA), materia seca radical (MSR) nitrógeno total (N total), removilizado (N remov), acumulado postantesis (N postantesis), nitrógeno en grano (N grano), rendimiento y tasa de absorción específica (SARn), en 2003

Variables	Ntotal	MSA	MSR	SARn	Δ N	N removilizado	N post antesis	N grano	Rendimiento
Ntotal		0,87**	0,50**	0,71**	0,75**	0,55**	0,78**	0,97**	0,68**
MSA			0,40**	0,50**	0,52**	0,39**	0,67**	0,79**	0,68**
MSR				0,05ns	0,19ns	0,43**	0,21ns	0,43**	0,42**
SARn					0,97**	0,26ns	0,76**	0,79**	0,33*
Δ N						0,32*	0,76**	0,82**	0,34*
N remov							-0,05ns	0,54**	0,59**
N postantesis								0,81**	0,32*
N grano									0,61**
Rendim									

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 6. N removilizado durante las primeras tres etapas en el llenado de grano (inicial, temprana y tardía: I+TE+TA) en % respecto del N del grano; N removilizado en la última etapa del llenado de grano (final: F) en % respecto del N del grano; N absorbido durante las primeras tres etapas en el llenado de granos (inicial, temprana y tardía: I+TE+TA) y N absorbido en la última etapa del llenado de grano (final: F) en % respecto del N del grano, en tres cultivares de trigo, bajo dos sistemas de labranza y tres tratamientos de fertilización, durante dos años: 2002 y 2003.

Cultivar	N removilizado		N absorbido	
	2002	2003	2002	2003
BP				
I+TE+TA	31 a	49 a	48 a	48 a
F	12 b	-26 b	15 b	3 b
Total	43	23	63	51
BB				
I+TE+TA	38 a	47 a	46 a	19 a
F	8 b	-20 b	16 b	29 a
Total	46	27	62	48
BBR				
I+TE+TA	39 a	47 a	64 a	26 a
F	8 b	-12 b	-9 b	32 a
Total	47	35	55	58

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 7. Eficiencia de utilización del N (EutN), índice de cosecha del N (ICN), eficiencia agronómica de uso del N (EA), eficiencia fisiológica (EF) y fracción aparente recuperada (FAR) para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

	EutN		ICN		EA		FAR		EF	
Año	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Promedio	33,6	34,9	0,70	0,68	18,2	20,0	60,8	87,2	33,8	26,8
Labranza (L)										
LC	33,8 a	36,2 a	0,71 a	0,69 a	21,8 a	19,4 a	61,1 a	90,2	41,5	21,1 a
SD	31,5 a	33,6 a	0,68 b	0,66 a	14,6 b	20,6 a	63,6 a	74,1	26,1	26,3 a
Cultivar(C)										
BP	32,3 b	38,3 a	0,70 a	0,63 b	17,3 b	16,5 a	70,5 a	83,2	24,2 b	20,8 b
BB	33,3 b	34,0 a	0,69 a	0,67 b	17,9 b	21,6 a	46,3 b	83,1	44,2 a	34,9 ba
BBR	35,3 a	33,1 a	0,70 a	0,74 a	19,4 a	22,0 a	69,2 a	94,0	33,0 ab	24,5 b
Fertilización(F)										
N 130	36,0 a	43,0 a	0,70 a	0,65 a						
N 210	33,5 b	32,4 a	0,70 a	0,69 a	20,2 a	24,6 a	70,3 a	90,0 a	37,6	31,0 a
N 290	31,5 b	29,4 b	0,69 a	0,69 a	16,2 b	15,4 b	54,2 b	73,2 b	29,5	22,5 b
Interacciones										
C x L	Ns	*	Ns	Ns						
F x L	Ns	*	*	Ns						
F x C	Ns	Ns								

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

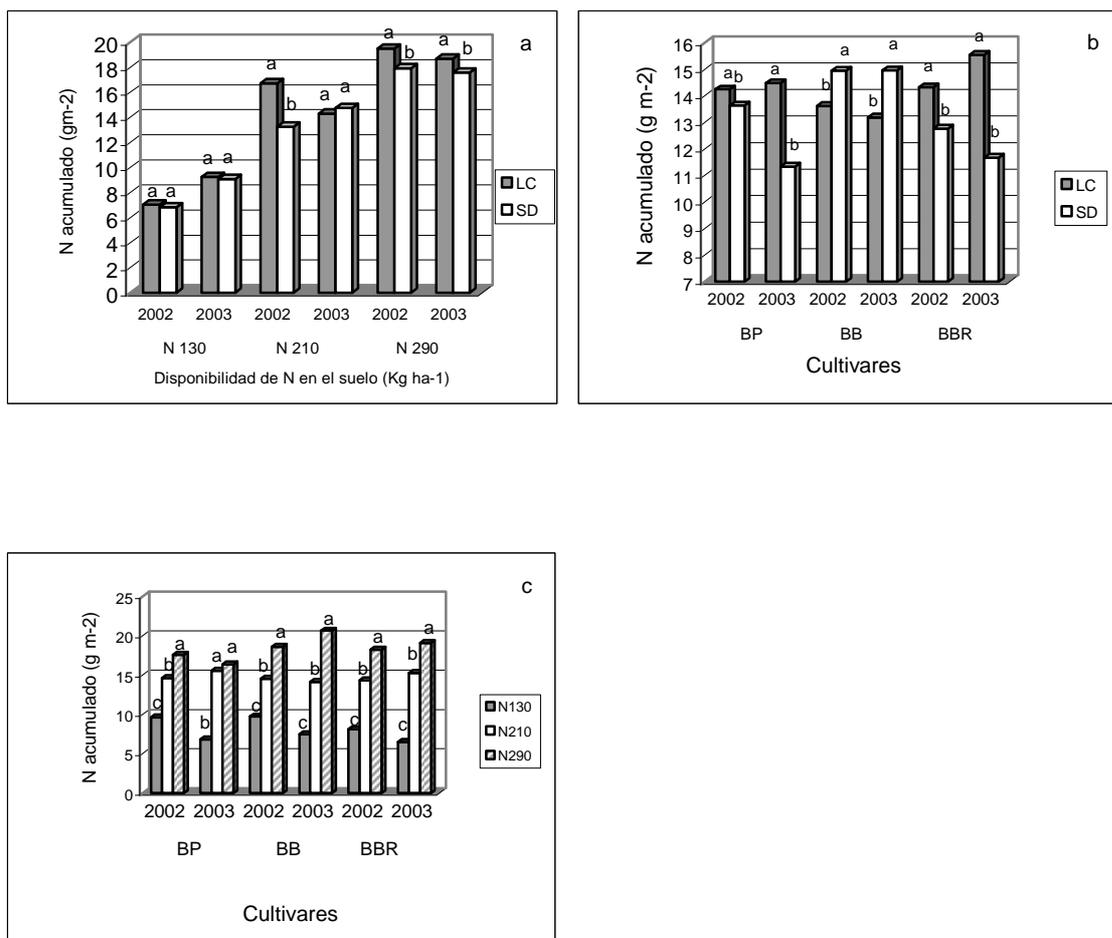


Figura 4. N total acumulado en GS 85 bajo: a) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), para dos años : 2002 y 2003; b) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), para dos años : 2002 y 2003; c) tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), para dos años: 2002 y 2003.

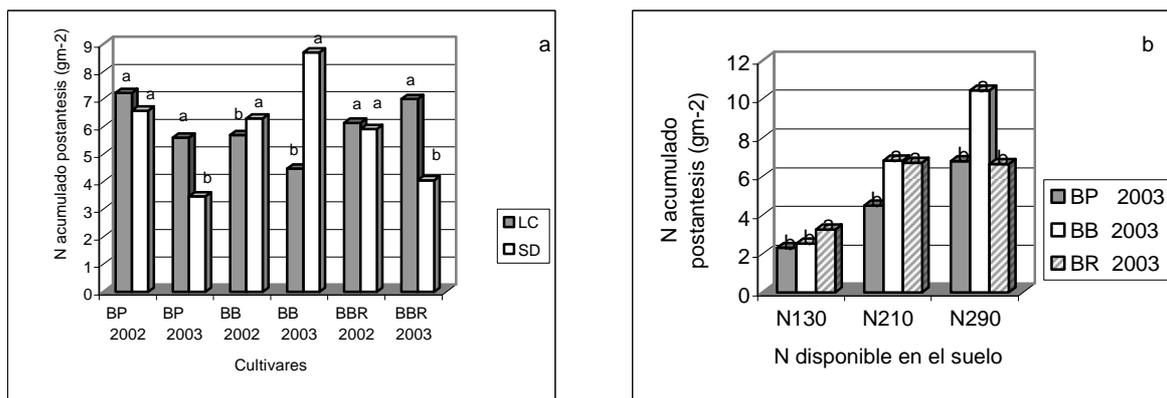


Figura 5. N acumulado postantesis bajo: a) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), para dos años 2002 y 2003; b) tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), para dos años: 2002 y 2003.

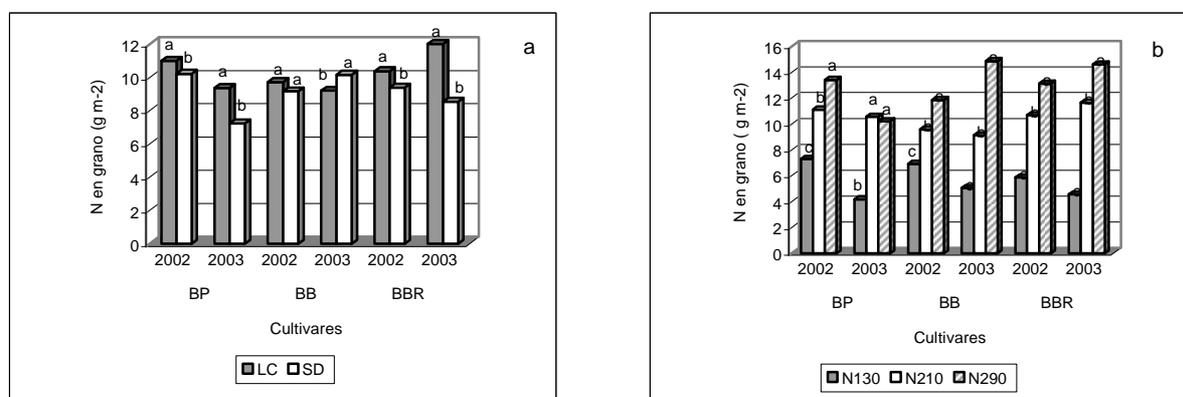


Figura 6. N en grano para: a) tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), para dos años: 2002 y 2003; b) tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), para dos años: 2002 y 2003.

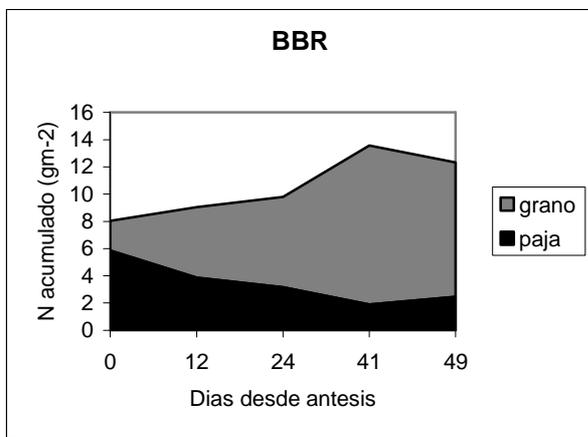
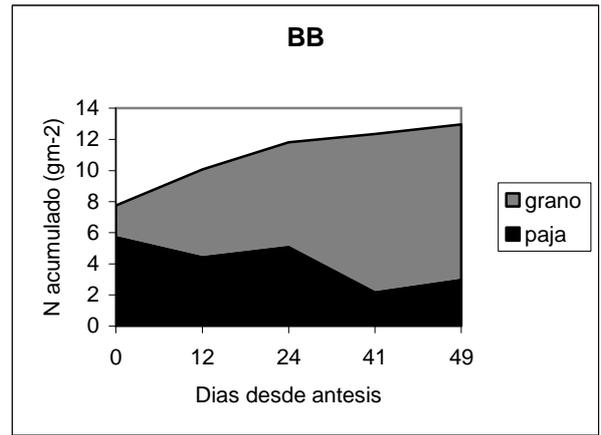
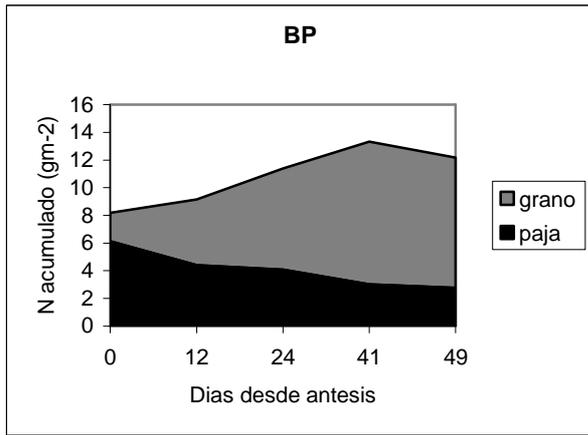


Figura 7. Distribución del nitrógeno entre el grano y los órganos vegetativos en tres cultivares de trigo, desde antesis hasta madurez, 2002.

Tabla 8. Medias de la tasa de absorción específica de N (SARn) para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) ,en cuatro estados de crecimiento (GS) durante dos años: 2002 y 2003.

	GS 69 (mg N dia-g ⁻¹ raíz)		GS 77 (mg N dia-g ⁻¹ raíz)		GS 85 (mg N dia-g ⁻¹ raíz)		GS 95 (mg N dia-g ⁻¹ raíz)	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Año								
Labranza (L)								
LC	0,0006	0,0003 b	0,00098	0,0004	0,00086	0,0003	0,00017b	0,0058
SD	0,0006	0,0012 a	0,00089	0,0007	0,00087	0,0011	0,0021	0,0038
Cultivar (C)								
BP	0,0004	0,0007 a	0,0013	0,0006	0,0005	0,0008	0,0016	0,0019
BB	0,001	0,0010 a	0,00098	0,0009	0,0002	0,0006	0,0016	0,0056
BBR	0,0004	0,0006 a	0,00046	0,0002	0,0011	0,0007	0,0003	0,0069
Fertilización(F)								
N 130	0,0004	0,0006 a	0,00036 b	0,0004	0,00054	0,0003	0,0010 a	0,0013
N 210	0,0003	0,0008 a	0,00058 b	0,0003	0,00034	0,0010	0,0016 a	0,0051
N 290	0,0012	0,0009 a	0,0018 a	0,0010	0,00097	0,0008	0,0008 a	0,0081
Interacciones								
C x L	**	Ns	*	*	**	**	*	**
F x L	NS	Ns	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns
F x C	*	Ns	Ns	*	*	**	Ns	**

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

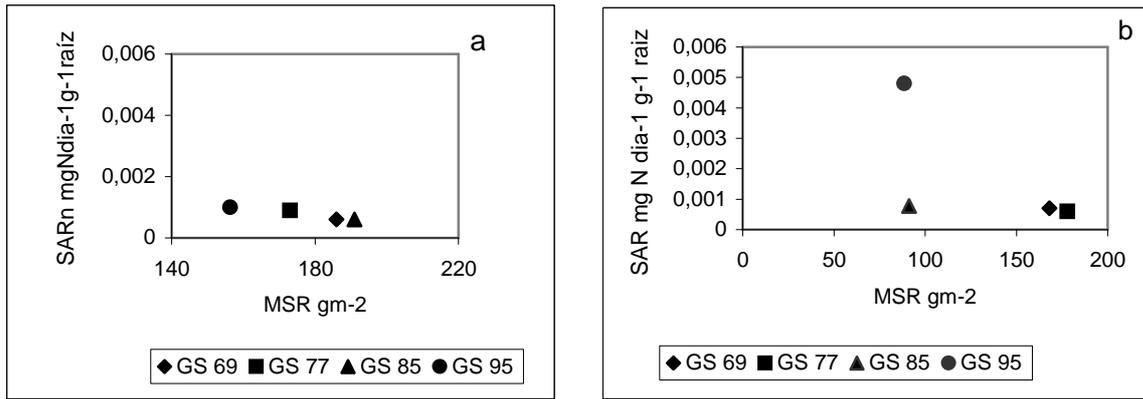


Figura 8. Relación entre la tasa de absorción específica de N (SARn) $\text{mg N día}^{-1} \text{g}^{-1} \text{raíz}$ y la materia seca radical (MSR) gm^{-2} a) año 2002 y b) año 2003. Promedio para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cuatro estados de crecimiento (GS): cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95) en contenedores.

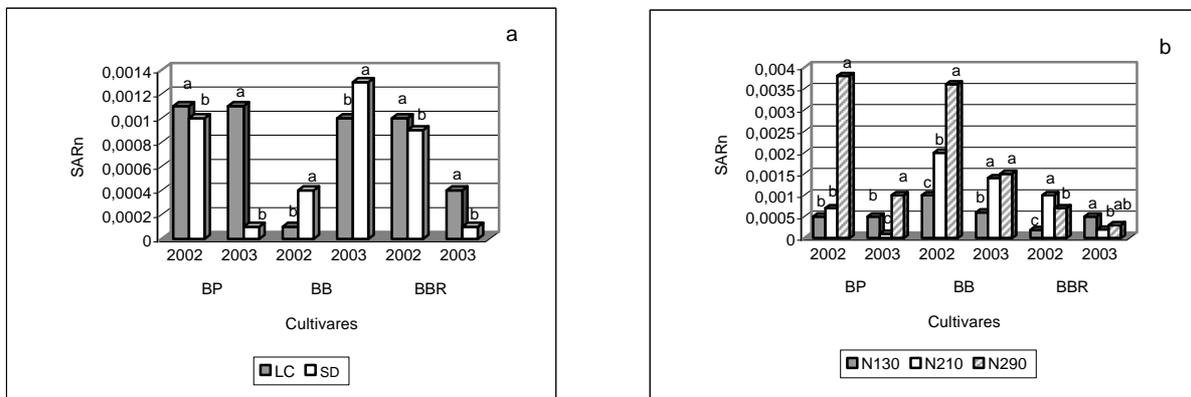


Figura 9. Tasa de absorción específica de N en GS 95 bajo: a) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) para dos años: 2002 y 2003; b) tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) para dos años: 2002 y 2003.

Año 2002: comparación entre ensayos en contenedores y a campo.

N acumulación, removilización y absorción postantesis:

En el análisis combinado, la acumulación de nitrógeno presentó interacción ensayo x labranza en GS 77 y GS 95 y ensayo x fertilización en GS 69, GS 77, GS 85 y GS 95. En GS 95, pese que en ambos ensayos la LC acumuló más N que la SD, en los contenedores hubo una mayor diferencia a favor de la LC (Figura 10a). En ambos ensayos hubo respuesta a la fertilización, en LC hubo diferencias entre dosis aplicadas pero no en los contenedores (Figura 10b). En los otros estadios la tendencia fue similar.

Las restantes interacciones no fueron significativas o consistentes a través de los estadios analizados.

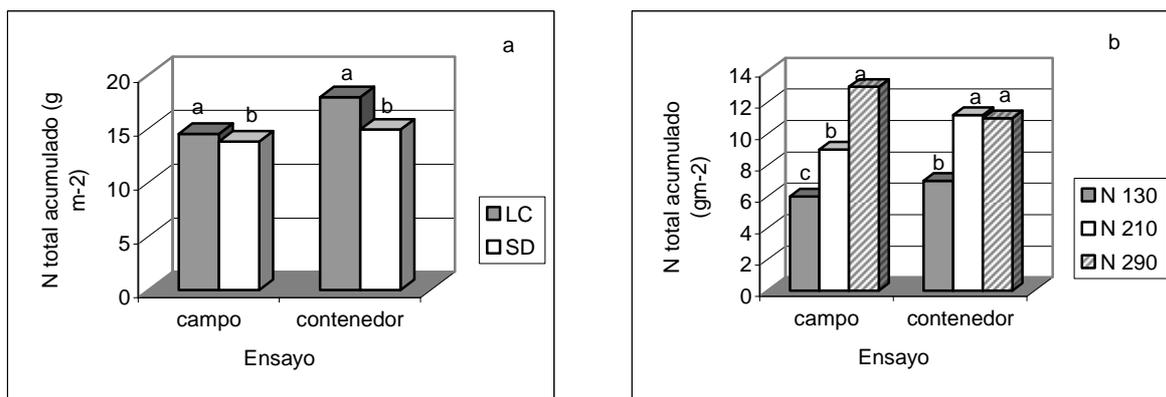


Figura 10. N acumulado en GS 95 para: a) ambos ensayos: a campo y en contenedores y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290); b) ambos ensayos: a campo y en contenedores y bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD); combinando ambos ensayos, bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR)

El N removilizado, en el análisis combinado, no presentó diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables consideradas; tampoco presentó interacciones

entre ellas. El N acumulado postantesis presentó diferencias significativas entre ensayos ($P=0,03$) y entre tratamientos de fertilización ($P=0,0001$) y sólo presentó interacción ensayo x cultivar ($P=0,05$).

En el análisis individual, la acumulación de N, el N removilizado de los tejidos vegetativos del acumulado en preantesis y el N absorbido postantesis, fueron afectados en forma diferente por los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización en las etapas fenológicas analizadas tanto a campo como en los contenedores. Asimismo, también los cultivares, presentaron un comportamiento distinto para estas variables.

En ambos ensayos (a campo y en contenedores), la acumulación de N, para las etapas consideradas, tendió a ser mayor bajo labranza convencional que bajo siembra directa y respondió positivamente al agregado de N. A su vez se encontraron diferencias entre las dosis aplicadas, incrementándose la cantidad acumulada a medida que se aumentó el N incorporado. Entre cultivares no hubo diferencias significativas para esta variable, a excepción de BBR, que presentó valores superiores en GS 95 en los contenedores (Tabla 9). A campo, como ya se indicó, los cultivares presentaron interacción con las labranzas y los tratamientos de fertilización (Figura 4 a y b). En los contenedores no hubo interacciones para esta variable.

En GS 95, el N acumulado por el cultivo estuvo más relacionado con la biomasa ($r=0,83$; $n=38$), que con la concentración de N en la planta ($r=0,75$; $n=38$) (Figura 11). La biomasa para el tratamiento testigo y para los fertilizados (promedio), fue, para el ensayo a campo, en GS 65 de $346,8 \text{ gm}^{-2}$ y $521,9 \text{ gm}^{-2}$, en GS 69 de $591,1 \text{ gm}^{-2}$ y $843,9 \text{ gm}^{-2}$, en GS 77 de $593,27 \text{ gm}^{-2}$ y $948,9 \text{ gm}^{-2}$, en GS 85 de $747,9 \text{ gm}^{-2}$ y $1148,5 \text{ gm}^{-2}$ y en GS 95 de 718 gm^{-2} y $1238,5 \text{ gm}^{-2}$ y para el ensayo en contenedores, en GS 65 de $477,2 \text{ gm}^{-2}$ y $535,5 \text{ gm}^{-2}$, en GS 69 de $667,3 \text{ gm}^{-2}$ y $748,2 \text{ gm}^{-2}$, en GS 77 de 845 gm^{-2} y 860 gm^{-2} , en GS 85 de $900,8 \text{ gm}^{-2}$ y 1040 gm^{-2} y en GS 95 de $854,7 \text{ gm}^{-2}$ y $1108,5 \text{ gm}^{-2}$, respectivamente.

El N removilizado a la espiga del acumulado preantesis presentó sólo diferencias significativas para las labranzas en contenedores, no obstante a campo hubo una tendencia similar. Aumentó con el agregado de fertilizante y no presentó diferencias entre cultivares. El N absorbido postantesis no presentó diferencias significativas para las labranzas. Sí se vio modificado por la fertilización, respondiendo positivamente frente al agregado de N. Entre los cultivares, sólo BBR presentó valores superiores cuando se lo realizó en contenedores (Tabla 10).

La eficiencia de translocación de N no resultó modificada por los sistemas de labranzas en ninguno de los dos ensayos. Tampoco presentó diferencias para la fertilización a campo. Sí lo

hizo para los tratamientos de fertilización en contenedores en que la eficiencia de translocación tendió a incrementarse con la fertilización nitrogenada. Entre los cultivares, BBR presentó mayor eficiencia, tanto a campo como en contenedores. No se encontraron interacciones para estos parámetros (Tabla 10).

Metabolismo del nitrógeno durante el llenado de granos en los tres cultivares analizados:

Del mismo modo que en los ensayos a campo, el ensayo en contenedores presentó mayor removilización para los tres cultivares durante I+TE+TA; no obstante BB y BBR presentaron más removilización en F que BP. Respecto al N absorbido desde el suelo, también coincidiendo con el ensayo a campo (Tabla 6), la mayor proporción se dio en las etapas I+TE+TA (Tabla 11).

Eficiencia agronómica del N y sus componentes:

En el análisis combinado la EUtN sólo presentó diferencias significativas para los tratamientos de fertilización (35,43 en N 130, 32,40 en N 210 y 30,86 en N 290), no presentó interacciones. EL IC presentó diferencias significativas para todas las variables consideradas (0,70 en campo, 0,75 en contenedores; 0,74 en LC, 0,71 en SD; 0,72 para BP, 0,72 para BB y 0,75 para BBR; 0,71 en N 130, 0,74 en N 210 y 0,72 en N 290. Presentó interacción ensayo x cultivar, ensayo x fertilización y cultivar x fertilización. La EA sólo presentó diferencias significativas para los ensayos y las labranzas. No presentó interacciones. La FAR presentó diferencias significativas para los ensayos (campo y contenedores) y los cultivares. No presentó interacciones.

En el análisis individual, la EUtN disminuyó con el agregado de N, independientemente de la dosis aplicada. Mientras que la EUtN fue de 36 kg .kg⁻¹ en el tratamiento testigo en el ensayo a campo y de 34,86 kg .kg⁻¹ en el ensayo en contenedores, la misma disminuyó a (promedio de los tratamientos fertilizados) 32.5 kg.kg⁻¹ en los tratamientos fertilizados a campo y a 30,76 kg.kg⁻¹ en el ensayo en contenedores. A su vez, presentó diferencias estadísticamente significativas para los sistemas de labranza, cuando se realizó en contenedores, resultando la LC más eficiente y acumulando más N en el grano que bajo siembra directa. Sólo hubo diferencias para los cultivares en el ensayo a campo, donde BBR resultó más eficiente. El ICN presentó diferencias estadísticamente significativas para las labranzas en ambos ensayos y sólo lo hizo para los tratamientos de fertilización y los

cultivares para el ensayo en contenedores. Resultó mayor bajo LC, en ambos ensayos y en contenedores aumentó con el agregado de N, independientemente de la dosis aplicada y fue mayor para BBR. La EA presentó diferencias significativas para todos los tratamientos. Resultó mayor bajo reja, con la dosis mayor de fertilizante y para BBR, tanto a campo como en contenedores. La FAR no presentó diferencias significativas para los sistemas de labranza. Para los tratamientos de fertilización, sólo lo hizo a campo, donde la mayor dosis presentó menor valor. Entre los cultivares, BBR resultó el más eficiente. No se encontraron interacciones para estas variables (Tabla 12).

Biomasa y actividad radical:

En el análisis combinado, la SARn en GS 69 sólo presentó diferencias significativas para los tratamientos de fertilización (0,001 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz en N 130, 0,001 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz en N 210 y 0,01 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz en N 290). No presentó interacciones en esta etapa. En GS 77 no presentó diferencias significativas para ninguna variable ni interacciones entre ellas. En GS 85 presentó diferencias para los ensayos (0,0008 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz campo y 0,001 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz contenedores) y los cultivares (0,001 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz para BP, 0,0008 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz para BB y 0,001 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz para BBR) y sólo presentó interacción labranza x cultivar. En GS 95 sólo hubo diferencias estadísticamente significativas para las labranzas (0,002 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz en LC y 0,004 mg N. día⁻¹ g⁻¹ raíz en SD)

La SARn, considerando ambos ensayos en forma individual, no presentó diferencias significativas frente a los distintos sistemas de labranza, a excepción para GS 77 y GS 95, en el ensayo en contenedores y en GS 85 en el ensayo a campo. Sí hubo diferencias significativas para los tratamientos de fertilización, especialmente cuando se aplicó la dosis mayor. Entre los cultivares, BB presentó mayor actividad que BP y BBR en la mayoría de los estados analizados (Tabla 13). A su vez, la SARn se mantuvo estable durante el llenado de granos, incrementándose en la etapa final (Figura 12).

Durante el llenado de granos si bien la MSR no mostró relación con la acumulación de n ni con su tasa de absorción, sí lo hizo su SARn ($r= 0,99^{**}$). Incluso la SARn presentó correlación con el N acumulado postantesis, el N total acumulado, el N en grano y el rendimiento para ambos ensayos (Tabla 14).

Tabla 9. Medias de N acumulado en tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95) en contenedores.

	GS 65 (g m ⁻²)	GS 69 (g m ⁻²)	GS 77 (g m ⁻²)	GS 85 (g m ⁻²)	GS 95 (g m ⁻²)
Promedio	8,63	10,0	11,9	14,0	16,4
Labranza(L)					
LC	9,72 a	10,8 a	15,4 a	16,2 a	17,9 a
SD	7,55 b	9,10 b	8,52 b	11,7 b	14,9 b
Cultivar (C)					
BP	9,14	11,0 a	11,0 a	11,7 a	15,9 b
BB	8,34	9,72 a	13,0 a	14,3 a	15,1 b
BBR	8,41	9,22 a	11,9 a	15,9 a	18,3 a
Fertilización(F)					
N 130	6,83	7,02 b	10,4 c	11,5 c	13,2 c
N 210	8,97	11,5 a	11,9 b	14,0 b	16,2 b
N 290	10,10	10,3 a	13,5 a	16,3 a	19,9 a
Interacciones					
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	**	Ns	Ns	Ns	Ns
C x F	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 10. Medias de N absorbido postanthesis, N removilizado y eficiencia de traslocación, en tres cultivares de trigo, cinco estados de crecimiento (GS) bajo dos sistemas de labranza y tres tratamientos de fertilización a campo y en contenedores.

	N acumulado postanthesis (gm ⁻²)	N removilizado (gm ⁻²)	Eficiencia de traslocación del N (%)
Promedio	7,83	5,95	65,3
Labranza(L)			
LC	8,26 a	6,69 a	63,5 a
SD	7,40 a	5,20 b	67,1 a
Cultivar (C)			
BP	6,80 b	5,98 a	61,9 b
BB	6,80 b	5,73 a	62,4 b
BBR	9,90 a	6,14 a	71,7 a
Fertilización(F)			
N 130	6,39 b	4,34 b	60,2 b
N 210	7,26 ba	6,52 a	70,5 a
N 290	9,84 a	6,99 a	65,3 ba
Interacciones			
C x L	Ns	Ns	Ns
F x L	Ns	Ns	Ns
C x F	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Para las interacciones: Ns No-significativo.

Tabla 11. N removilizado durante las tres primeras etapas del llenado de grano (inicial, temprana y tardía: I+TE+TA) en %; N removilizado en la última etapa del llenado de grano (final: F) en %; N absorbido las tres primeras etapas durante el llenado de grano (inicial, temprana y tardía: I+TE+TA) y N absorbido en la última etapa del llenado de grano (final: F) en %, en tres cultivares de trigo, bajo dos sistemas de labranza y tres tratamientos de fertilización, en contenedores.

	N removilizado	N absorbido
Cultivar		
BP		
I+TE+TA	28 a	35 a
F	10 b	19 b
Total	38	54
BB		
I+TE+TA	18 a	59 a
F	18 a	1 b
Total	36	60
BBR		
I+TE+TA	22 a	54 a
F	14 b	11 b
Total	36	65

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabla 12. Medias de Eficiencia de utilización del N (EutN), índice de cosecha del N (ICN), eficiencia agronómica de uso del N (EA), fracción aparente recuperada (FAR) y rendimiento, tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), cinco estados de crecimiento (GS), a campo y en contenedores.

	EutN (kg.kg ⁻¹)	ICN (%)	EA (kg.kg ⁻¹)	FAR (%)	Rendimiento (g m ⁻²)
Labranza(L)					
LC	34,0 a	0,77 a	17,0 a	36,0 a	535 a
SD	30,1 b	0,75 b	14,8 b	42,1 a	497 b
Cultivar (C)					
BP	31,3 a	0,73 b	11,2 c	38,5 b	490 a
BB	33,6 a	0,74 b	14,6 b	35,4 b	497 a
BBR	31,3 a	0,79 a	21,6 a	43,0 a	561 a
Fertilización(F)					
N 130	34,8 a	0,73 b			447 b
N 210	31,2 b	0,78 a	13,4 b	37,1 a	505 b
N 290	30,2 b	0,77 a	18,4 a	40,2 a	597 a
Interacciones					
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
C x F	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Para las interacciones: Ns No-significativo.

Tabla 13. Medias de la tasa de absorción específica de N (SARn) en tres cultivares de trigo, en cuatro estados de crecimiento (GS), bajo dos sistemas de labranza y tres tratamientos de fertilización en contenedores.

	GS 69 (mg N dia-g ⁻¹ raíz) Contenedor	GS 77 (mg N dia-g ⁻¹ raíz) Contenedor	GS 85 (mg N dia-g ⁻¹ raíz) contenedor	GS 95 (mg N dia-g ⁻¹ raíz) Contenedor
Promedio	0,0007	0,0010	0,0005	0,0016
Labranza(L)				
LC	0,0007 a	0,0012 a	0,0005 a	0,0018 a
SD	0,0008 a	0,0008 b	0,0005 a	0,0014 b
Cultivar (C)				
BP	0,0004 b	0,0005 b	0,0004 a	0,0017 a
BB	0,0009 a	0,0013 a	0,0006 a	0,0023 a
BBR	0,0005 b	0,0013 a	0,0004 a	0,0008 b
Fertilización(F)				
N 130	0,0003 b	0,0005 b	0,0004 b	0,0007 b
N 210	0,0004 b	0,0009 ba	0,0005 ab	0,0017 a
N 290	0,0009 a	0,0014 a	0,0007 a	0,0022 a
Interacciones				
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns
C x F	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Para las interacciones: Ns No-significativo.

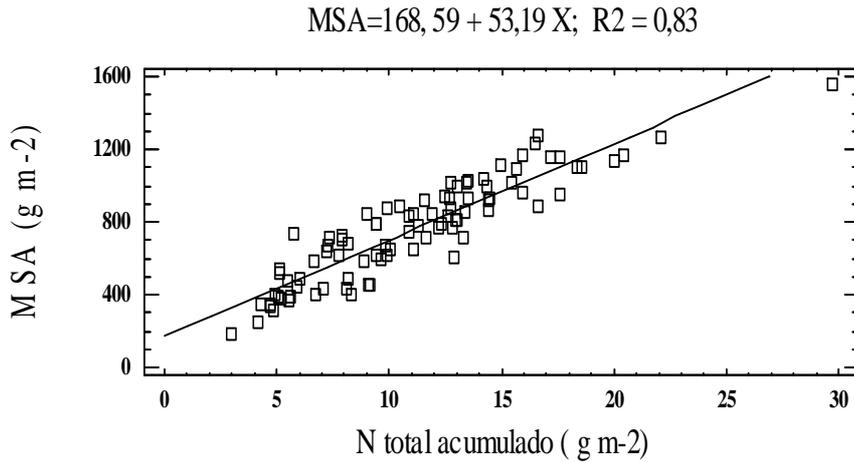


Figura 11. Relación entre la materia seca aérea (MSA) y el N total acumulado, para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cinco estados de crecimiento (GS): antesis (GS 65), cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95) en contenedores.

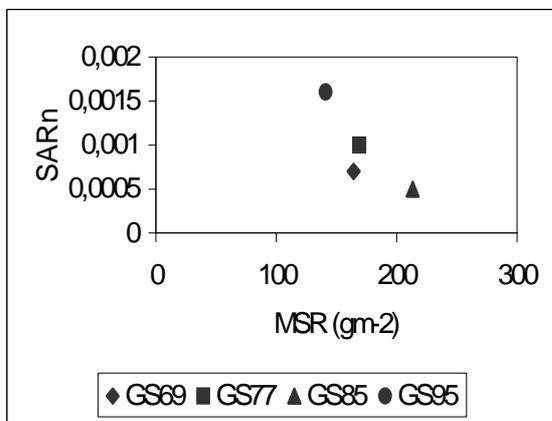


Figura 12. Tasa de absorción específica de N, promedio, para tres cultivares de trigo: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290), en cuatro estados de crecimiento (GS): cuaje (GS 69), grano lechoso (GS 77), grano pastoso (GS 85) y madurez (GS 95) en contenedores.

Tabla 14. Correlaciones entre nitrógeno total acumulado, materia seca aérea, radical, actividad específica, tasa de absorción de nitrógeno, nitrógeno removilizado, acumulado postantesis, nitrógeno en grano y rendimiento, en madurez, en contenedores

Variablen	Ntotal	MSA	MSR	SARn	Δ N	N remov	N post antesis	N grano	Rendim
Ntotal		0,73**	0,22 ns	0,51**	0,52**	0,42**	0,66**	0,98**	0,88**
MSA			0,002ns	0,42**	0,43**	0,45*	0,40*	0,74**	0,70**
MSR				-0,13ns	-0,09ns	-0,03ns	-0,16ns	-0,21ns	-0,19ns
SARn					0,99**	0,06ns	0,43**	0,47**	0,38*
Δ N						0,07ns	0,44**	0,48**	0,39*
N remov							-0,39*	0,44**	0,39*
N post Antesis								0,65**	0,59**
N grano									0,90**
Rendim									

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Discusión y conclusiones:

Se conoce que la productividad del cultivo se encuentra fuertemente regulada por la acumulación de N y que esta relación se mantiene estable frente a diversas condiciones ambientales. En nuestro trabajo hubo una alta asociación entre el N acumulado y la MSA para los dos años analizados. Sin embargo dicha asociación resultó mayor en el 2002, lo que podría estar asociado a las abundantes lluvias registradas durante el mes de noviembre en el 2003 y a la posible pérdida de nitratos por lixiviación en dicho año.

La alta correlación encontrada, para ambos sistemas de labranza, entre el N acumulado en el cultivo y la materia seca aérea total coincide con resultados anteriores (Sarandón *et al.*, 1997) y sugiere que la menor acumulación de materia seca en SD podría relacionarse con impedimentos en la acumulación de N. Entre éstos la resistencia mecánica del suelo en SD (Ferrerías *et al.*, 2001), que coincide con la mayor densidad del suelo y la resistencia a la penetración encontrada en este ensayo por Golik *et al.* (2004) y con el menor desarrollo radicular en SD respecto al desarrollo en LC (Sarandón *et al.*, 1997). Alakukku & Elonen (1995) afirman que la absorción de N por el cultivo sería un parámetro sensible a la compactación del suelo y citan disminuciones en la acumulación de N entre un 4 y 9%, según el tipo de suelos. Por otra parte, la compactación puede retrasar la mineralización del N e incrementar las pérdidas de N gaseoso del suelo. A su vez, se ha citado que la desnitrificación bajo SD en los primeros 10 cm de suelo, puede ser responsable de hasta el 55% de las

diferencias en el contenido de nitratos con respecto a LC, en suelo similares al de este ensayo (Rodríguez & Giambiagi, 1995)

La siembra directa si bien no presentó diferencias con la labranza convencional en el N absorbido postantesis, sí lo hizo en el acumulado preantesis (Tablas 7 y 8). Esto podría estar asociado a la menor disponibilidad temprana de dicho nutriente bajo el sistema no convencional de laboreo.

En cuanto a la fertilización, los resultados del presente trabajo coinciden con los encontrados por Delogu *et al.* (1998) que hallaron un incremento en el aporte al grano tanto del N removilizado como del absorbido postantesis trabajando con aplicaciones de altas dosis de N (140 a 210 kg N ha⁻¹) y no con los de Palta & Fillery (1993) y Golik *et al.* (2003), que encontraron que la aplicación de N en todos los tratamientos fertilizados provocó un incremento en la contribución a la espiga solamente del N removilizado y no de ambos, removilizado y absorbido postantesis. Probablemente esto se deba a que las dosis aplicadas en estos últimos dos casos fueron similares y relativamente más baja que las aplicadas por Delogu *et al.* (1998) y en el presente trabajo. A su vez, hubo diferencias significativas para las distintas dosis aplicadas. El agregado de una dosis más alta en el último tratamiento permitió mantener una mayor disponibilidad de dicho nutriente para el cultivo que se puso de manifiesto en la acumulación realizada por el mismo.

Los cultivares tuvieron un interacción diferencial ante los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización en lo relacionado con la acumulación y partición del N. Los datos de este ensayo señalan que BB fue el que mejor respondió frente a la labranza conservacionista y a la aplicación de dosis creciente de N. BP y BBR se vieron perjudicados en condiciones de SD, indicando una menor adaptación de los mismos respecto a BB a dichas condiciones.

En nuestros ensayos, coincidiendo con los resultados de Takahashi *et al.* (1996) la mayor absorción de N del suelo continuó hasta la cesación de la fotosíntesis en las 3 variedades. A su vez, durante I+TE+TA, el N absorbido desde el suelo resultó mayor que el N removilizado desde los órganos vegetativos en los 3 cultivares, especialmente en BBR.

A diferencia de lo hallado por Takahashi *et al.* (1996), que encontraron una alta removilización para los tres cultivares de trigo que analizaron, en la etapa final del llenado de granos (F); nuestros cultivares presentaron una baja removilización en dicha etapa; la mayor parte del N removilizado se dio en I+TE+TA. Coincidiendo con los cultivares Norin 61 y Selpek de Takahashi *et al.* (1996), menos del 50 % del N del grano provino del N

removilizado en nuestros 3 cultivares. Este tipo de cultivares, con una alta demanda inicial de N por parte del grano, se consideran cultivares con alta proteína en grano.

La EUtN refleja la habilidad de la planta en transformar el N absorbido en rendimiento económico (grano). Este parámetro es frecuentemente utilizado para comparar diferentes especies o cultivares a con distintos niveles de fertilidad; Delogu *et al.* (1998), encontraron que la cebada tiene más EUtN que el trigo y esto a su vez se relaciona con el ICN, y que ambos parámetros disminuyen a medida que se incrementa la dosis del fertilizante. En nuestros resultados la EUtN disminuyó con el agregado de N, en forma proporcional a la dosis aplicada. Esta eficiencia de utilización del N en trigo puede alcanzar valores cercanos a los 70 kg de grano por kg de N absorbido, sin embargo cuando la disponibilidad de N es alta y el rendimiento bajo, la EUtN puede tomar valores cercanos a los 30 kg de grano por kg de N absorbido (Abbate & Andrade, 2005). Estos últimos valores son concordantes con los encontrados en esta tesis. La eficiencia agronómica, en términos generales resultó buena comparada con valores citados por otros investigadores (Echeverría *et al.*, 2005) y disminuyó con el incremento del N disponible en el suelo, coincidiendo con lo hallado por Echeverría *et al.*, 2005; Alvarez *et al.*, 2003; Natali *et al.*, 2007.

La SD provocó una menor producción de raíces en relación a la LC. A su vez, con fertilización nitrogenada la SD no alcanzó el rendimiento de la labranza convencional (Tablas 8 y 9), lo que indicaría que además del N habría otros factores que limitarían el rendimiento del trigo. Ruijun *et al.* (2005) encontraron una mayor densidad del suelo en SD que en LC, entre los 0 y 25 cm de profundidad, que explicaría la distinta respuesta, observada por ellos, en la distribución del sistema radical del maíz bajo dichos sistemas de laboreo.

Si bien la MSR a partir de GS 65 disminuyó, su SARn no sólo se mantuvo relativamente constante sino que incluso aumentó durante la última etapa analizada (GS 95), lo que sugiere que el N acumulado en el grano por el cultivo no sólo proviene del N removilizado sino también del absorbido postantesis. Esto coincide con lo sugerido por Osaki *et al.* (1997) y Ruiz (2001) y queda corroborado por la correlación positiva hallada entre la SARn y el N absorbido postantesis, indicando que la actividad radical es un proceso que puede mantenerse durante estados avanzados del cultivo bajo buenas condiciones de fertilidad del suelo.

Durante el llenado de granos la MSR no mostró relación con la tasa de absorción de N, pero sí lo hizo su SARn. Esto coincide con lo hallado por Shinano *et al.* (1994), que consideran que la tasa de absorción de N esta relacionada con SARn y con la tasa de crecimiento del cultivo y no con la MSR y por Osaki *et al.* (1995), quienes consideran que la tasa de acumulación de N en trigo se encuentra estrechamente relacionada con SARn,

mientras que la MSR permanece constante o decrece con el tiempo. A su vez, la SARn presentó correlación positiva, para ambos años, con el N total acumulado, N postantesis, N en grano y el rendimiento, lo cual implica la importancia de mantener buenas condiciones nutricionales durante el llenado de grano, con el consiguiente beneficio para el cultivo.

Bajo SD, BB fue el que presentó mejor interacción para la actividad específica, en ambos años, asociado a su mayor acumulación de N y a su menor MSR bajo este sistema conservacionista de labranza. Asimismo fue el que presentó mejor respuesta frente a la aplicación de dosis crecientes de fertilizante. BBR resultó el cultivar más afectado en cuanto a su actividad específica bajo SD. BP mostró un comportamiento intermedio.

Del presente trabajo se concluye que existieron diferencias en el N acumulado y en el removilizado entre sistemas de labranzas que se tradujeron en el contenido de N en el grano y en el rendimiento del cultivo. La siembra sin laboreo disminuyó la acumulación de N en el cultivo, asociada a una menor producción de biomasa y menor rendimiento.

Los cultivares no presentaron diferencias en el N removilizado ni en el absorbido postantesis, como tampoco difirieron, dentro del llenado de grano, en el momento en que removilizaron y absorbieron el N constituyente del grano. La fertilización aumentó el N acumulado en cada etapa fenológica, el N removilizado y el N absorbido postantesis.

La materia seca radical disminuyó durante el llenado de granos, mientras que su SARn se mantuvo, indicando que la actividad radical es un proceso que puede mantenerse durante estados avanzados del cultivo bajo buenas condiciones de fertilidad del suelo.

La SARn presentó diferencias significativas para los sistemas de labranzas a favor de la SD. También presentó diferencias significativas para los tratamientos de fertilización, siendo mayor con el agregado de fertilizante. Entre los cultivares, BB fue el que presentó mejor interacción para la actividad específica bajo SD, BBR fue el de mayor SARn bajo LC y el más afectado en su actividad bajo SD. BP mostró una interacción intermedia respecto a los otros dos cultivares. La MSR no mostró relación con la tasa de absorción de N, pero sí lo hizo su SARn. La SARn presentó correlación positiva con el N en la planta, el N en grano y el rendimiento.

CAPÍTULO 5

EFFECTO DE PRACTICAS DE MANEJO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD Y SU RELACIÓN CON LA MATERIA SECA AEREA Y RADICAL POSTANTESIS

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la incidencia de la materia seca radical (MSR, gm^{-2}) y de la actividad radical (medida a través de la tasa de absorción específica de N: SARn, $\text{mg N. día}^{-1} \text{g}^{-1}$ materia seca de raíz) sobre el rendimiento y la calidad, en tres genotipos de trigo de ciclo similar: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR), en etapas tardías del desarrollo del cultivo, bajo fertilización nitrogenada y dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD)). Se obtuvo mayor biomasa y rendimiento bajo labranza convencional. El mayor rendimiento bajo esta labranza se obtuvo a través de un mayor número de espigas. m^{-2} y de granos. m^{-2} . Los tratamientos de fertilización tuvieron efecto significativo sobre la biomasa, el rendimiento y sus componentes. La respuesta fue mayor con el incremento de la dosis aplicada. Entre los cultivares, BP y BB presentaron mayor biomasa. Si bien no hubo diferencias en el rendimiento, BP presentó el mayor número de espigas. m^{-2} y PMG, pero el menor número de granos.espiga $^{-1}$. BB y BBR presentaron menor número de espigas. m^{-2} y PMG pero mayor número de granos.espiga $^{-1}$ respecto a BP. El contenido proteico (%P) y el gluten húmedo (GH) presentaron diferencias significativas para las labranzas sólo en 2002, siendo mayor sus % bajo labranza convencional. Para ambos parámetros se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización con valores crecientes y significativos según dosis. BBR y BB pertenecen al Grupo 1 y BP esta incluido en el Grupo 2 de calidad. Las diferencias encontradas en los parámetros industriales responden a características propias de su aptitud genética para expresar estos índices. Para todos los estados analizados la MSR, estuvo positivamente relacionada tanto con los componentes de la calidad (gluten húmedo: $r=0,71^{**}$, $0,77^{**}$ y $0,69^{**}$ en antesis, grano lechoso y madurez respectivamente, en 2002 y $r=0,63^{**}$, $0,73^{**}$ y $0,60^{**}$ en antesis, grano lechoso y madurez respectivamente, en 2003 y proteína: $r=0,72^{**}$, $0,75^{**}$ y $0,67^{**}$ en antesis, grano lechoso y madurez respectivamente, en 2002 y $r=0,58^{**}$, $0,75^{**}$, $0,63^{**}$ en antesis, grano lechoso y madurez respectivamente, en 2003) como con el rendimiento $r=0,54^{**}$, $0,75^{**}$ y $0,50^{**}$ en antesis, grano lechoso y madurez respectivamente, en 2002 y $r=0,023$ ns,

0,60** y 0,42** en anthesis, grano lechoso y madurez respectivamente, en 2003. La SARn sólo presentó correlación positiva con ellos en madurez.

Este capítulo esta basado en las siguientes publicaciones:

*XXXI Jornadas de Botánica. Corrientes. Septiembre 2007 :

-Materia seca y actividad radical durante el llenado de granos en trigo. Golik Silvina I., Chidichimo Hugo O.

-Materia seca y absorción de N en diferentes genotipos de trigo durante postantesis. Golik Silvina I., Chidichimo Hugo O.

Introducción:

Para definir calidad, es necesario ubicarnos en algún eslabón de la cadena agroalimentaria del trigo. Desde esta perspectiva, la calidad es la capacidad de satisfacer las necesidades de los consumidores o usuarios del mismo. Para el productor agropecuario, un trigo de calidad será aquel que le permita alcanzar altos rendimientos y mayores márgenes de ganancia. Para la industria molinera, las propiedades evaluadas serán, por ejemplo, rendimiento en la molienda, peso de mil granos, cenizas en grano entero, gluten húmedo, propiedades reológicas de la masa medidas por el alveógrafo, farinógrafo y ensayo de panificación.

La calidad y el rendimiento en trigo dependen de distintos factores, entre otros, del cultivar, el sistema de labranza, disponibilidad de N durante el ciclo, de la cantidad de fertilizante empleado, el modo y momento de aplicación.

Un aspecto a considerar cuando se habla de calidad es el material genético que se está utilizando. Las propiedades panaderas de la harina están determinadas genéticamente, por la variedad de trigo que se utiliza para sembrar los lotes. Mediante manejo se puede lograr que el trigo tenga más proteína, más nitrógeno en el grano, pero esto no implica que se tenga harina con mejores cualidades.

La agriculturización de los sistemas y el privilegio de la productividad han determinado una declinación severa de la calidad de los trigos en la región pampeana. El sudeste, centro sur y sudoeste de la provincia de Buenos Aires no escapan a esta condición que se agrava en los años de altos rendimientos (Carrasco *et al.*, 2004). El incremento de las superficies destinadas a la labranza reducida y/o a la siembra directa determinan la necesidad de estimar la incidencia que este manejo tiene sobre aspectos de calidad, sobre la que se dispone de poca información relevada. Cabe señalar que en el país la siembra directa y los sistemas conservacionistas en general, se han aconsejado para mitigar el efecto de la agriculturización. Sin embargo, también son estos sistemas los que admiten el doble cultivo por año agrícola.

Del total de la superficie implantada con trigo en el ciclo 2003/04 (6,0 millones de hectáreas), un 52 % se concretó bajo sistema de siembra directa, mientras que el 48% restante se implantó recurriendo al sistema de siembra convencional. Por lo tanto en el orden nacional se dio prácticamente un virtual empate entre ambos sistemas (SAGPyA, 2007).

Los sistemas de labranza, especialmente la siembra directa, modifican la dinámica del N (García *et al.*, 1998). En siembra directa el requerimiento de N para conseguir iguales rendimientos es levemente mayor, especialmente durante los primeros cinco años de establecido el sistema (Towery, 1998); si este sistema está establecido por largo tiempo se

incrementa el contenido de materia orgánica y la mineralización del N orgánico podría ser igual o mayor que la labranza convencional (García *et al.*, 1998).

Las proteínas constituyen alrededor del 12% del trigo y se dividen en grupos: albúminas, prolaminas y gluteninas, el gluten constituido casi exclusivamente por proteínas (85%), debe ser 2,5 a 3 veces mayor que el porcentaje de la proteína (García *et al.*, 1998). Aumentar el contenido proteico es una manera de valorizar la producción. Los actuales estándares de comercialización para trigo pan poseen un sistema de bonificaciones y rebajas sobre el precio del producto basado en la proteína, a efectos de estimular la mejora de la calidad. Bajo condiciones que permitan que la absorción de N continúe durante el llenado del grano (alta fertilidad natural, alta dosis de N, aplicaciones tardías de N), el contenido de proteína y almidón se acumula casi linealmente hasta la madurez. En estas condiciones más de la mitad de la proteína del grano puede derivar del N absorbido durante el llenado del grano. Si bien la tasa máxima de crecimiento de las raíces se alcanza en floración (Siddique *et al.*, 1990), pudiendo decrecer sustancialmente después de la misma, ésto no implica que la actividad de las mismas, en cuanto a la absorción de nutrientes, no se mantenga más allá de dicho estado fenológico. De este modo la fotosíntesis puede permanecer alta asegurando un buen período de llenado de grano, la suplencia de carbohidratos hacia las raíces y la actividad de las mismas. Bajo estas condiciones la curva de acumulación de N seguiría más estrechamente la marcha de la acumulación de la materia seca. Por lo tanto se debe asumir que la actividad radical y la actividad fotosintética foliar son procesos mutuamente regulados que pueden mantenerse en el tiempo (Osaki *et al.*, 1997). No obstante, ésto podría depender de otros factores tales como los cultivares y el manejo del cultivo utilizados que pueden generar diferentes estrategias de crecimiento y funcionalidad de las raíces e influir en el rendimiento y la calidad.

Los altos rendimientos suelen estar asociados con un bajo contenido de proteína en grano (Chidichimo *et al.*, 1998). Este hecho motiva una menor cantidad de proteína en forma relativa y un notable aumento de granos “panza blanca”. Esta pérdida de calidad del grano puede ser prevenida mejorando la eficiencia de la fertilización. Tombetta y Cuniberti (1987), señalaron que la fertilización con N durante el macollaje o encañazón, constituye una alternativa para mejorar el rendimiento y la calidad del grano. En general, se puede decir que la aplicación de altas cantidades de N, la aplicación dividida o demorada del mismo produce incrementos substanciales en los contenidos proteicos.

La fertilización nitrogenada complementaria es un recurso para mejorar la relación rendimiento/calidad, dentro de un marco de fraccionamiento del insumo (Loewy, 2004). Para

alcanzar producciones potencialmente bonificables, sin embargo, la nutrición basal debe proveer niveles de proteína cercanos al 11 %. Esto se logra no sólo con fertilización, sino con manejo de suelos y cultivo, en armonía con el sistema productivo.

El rendimiento en trigo puede ser afectado por el sistema de labranza. García *et al.* (1998) concluyeron que en suelos no degradados se pueden alcanzar similares rendimientos independientemente del sistema de labranza (directa o convencional), aunque en otros casos se ha encontrado menor rendimiento en la siembra directa (Senigaglia y Ferrari, 1993, Sarandón *et al.*, 1997). A su vez estos sistemas causan una dinámica diferente del nitrógeno, siendo la fertilización una práctica necesaria para asegurar rendimiento y calidad. Asimismo con fertilización nitrogenada los sistemas con escasa remoción del suelo no alcanzan el rendimiento de la labranza convencional, indicando que otros factores como la restricción del crecimiento de raíces y tallo como consecuencia de una mayor compactación o endurecimiento superficial limitarían el rendimiento de trigo (Balbuena *et al.*, 1996).

La práctica de la siembra directa incluye ventajas como la reducción de la erosión y el aumento de la disponibilidad hídrica; sin embargo, otros aspectos como son la disminución de las temperaturas del suelo y la dinámica del nitrógeno alterada por los cambios que en el ambiente edáfico introduce la labranza, pueden afectar el rendimiento y la calidad.

En el SE bonaerense, al comparar los rendimientos de trigo entre sistemas de labranza, entre los que se incluye a la siembra directa durante pocos años, se encuentra que estos son siempre iguales o menores con este sistema (Ressia *et al.*, 1999; Lázaro *et al.*, 2004). En general, tampoco se ha establecido que la siembra directa tienda a incrementar el contenido proteico, como así tampoco a aumentar el de gluten húmedo (Golik *et al.*, 1998), que muestran, en particular éste último, una variabilidad muy asociada al ambiente (Cuniberti *et al.*, 2004).

Objetivos: evaluar la incidencia de la materia seca aérea y radical y de la actividad específica sobre el rendimiento y la calidad, en diferentes genotipos de trigo, en etapas tardías del desarrollo del cultivo, bajo fertilización nitrogenada y dos sistemas de labranza.

Materiales y métodos

Para la toma de muestras y determinación de la MSA y MSR se procedió de acuerdo a lo indicado en el capítulo 2 de materiales y métodos. Se determinaron los componentes de rendimiento: espigas.m⁻² por el conteo en 3 fracciones de 1m lineal en cada parcela, el número de granos.espiga⁻¹ por trilla de 30 espigas de cada parcela, peso de mil granos (PMG)

contando y pesando los granos obtenidos de las 30 espigas. A partir de ello se calcularon los granos.m⁻² y rendimiento (g.m⁻²).

Dentro de los parámetros de calidad comercial e industrial se determinó:

-Contenido proteico en grano de trigo (%P) con microKjeldahl (IRAM 15852, ICC 105)

Dentro de los parámetros de calidad de las harinas se determinó:

-Gluten húmedo (GH) con Glutomatic (IRAM 15864, ICC 137)

Los datos de precipitaciones y temperaturas medias mensuales del año considerado se indican en la figura 1.

Los resultados se procesaron con un análisis de varianza y las medias se compararon según la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidades. Se establecieron correlaciones entre los parámetros estudiados.

Resultados

a) Rendimiento y sus componentes

En el análisis combinado, para ambos años, se encontraron diferencias significativas entre años en la biomasa, rendimiento, IC. Si bien no hubo diferencias significativas para el número de espigas.m⁻² y el PMG si la hubo para el número de granos.espiga⁻¹ y de granos.m⁻², siendo dichos valores mayores en el año 2002. Respecto a los sistemas de labranza, se obtuvo mayor biomasa y rendimiento bajo labranza convencional. El mayor rendimiento bajo esta labranza se obtuvo a través de un mayor número de espigas.m⁻², y de granos.m⁻². No hubo diferencias significativas para granos.espigas⁻¹, PMG e IC. Los tratamientos de fertilización tuvieron efecto significativo sobre la biomasa, el rendimiento y sus componentes, excepto el PMG, la respuesta fue mayor con el incremento de la dosis aplicada. Entre los cultivares, BP y BB presentaron mayor biomasa. Si bien no hubo diferencias en el rendimiento, BP presentó el mayor número de espigas.m⁻² y PMG, pero el menor número de granos.espiga⁻¹. BB y BBR presentaron menor número de espigas.m⁻² y PMG pero mayor número de granos.espiga⁻¹ respecto a BP.

En GS 95, se encontró interacción significativa año x cultivar, labranza x cultivar y labranza x fertilización para la materia seca aérea (analizadas en el capítulo 3 de la tesis), y fertilización x cultivar para granos.espiga⁻¹ y PMG. BP no presentó diferencias significativas frente a los tratamientos de fertilización, pero si BB y BBR (Figura 1a) para granos.espiga⁻¹.

Para el PMG, BP tampoco respondió a la fertilización, no obstante siempre alcanzó los valores más altos para este componente del rendimiento (Figura 1b).

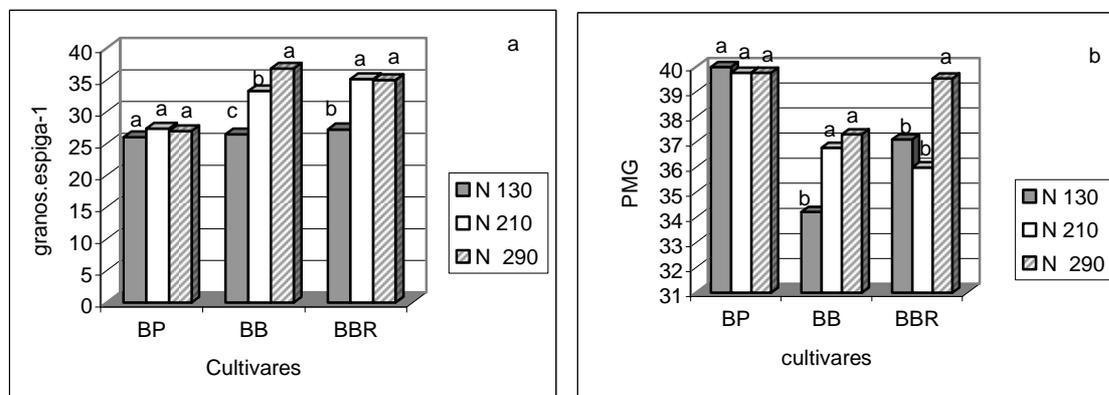


Figura 1. Granos.espiga⁻¹: a) combinando ambos años, entre cultivares: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial, en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290); b) interacción para PMG, combinando ambos años, para tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial, en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

En el análisis individual de cada año, en el año 2002 (Tabla 1) los sistemas de labranza provocaron diferencias estadísticamente significativas en la biomasa y el rendimiento, siendo ambas variables mayores bajo el sistema convencional de labranza. Entre los componentes del rendimiento el número de espigas.m⁻² y granos.m⁻² resultó menor bajo siembra directa. El número de granos.espiga⁻¹ también tendió a ser menor bajo siembra directa. El PMG fue igual para ambos sistemas. Los tratamientos de fertilización tuvieron efecto sobre todos los parámetros analizados, a excepción del PMG. La respuesta fue mayor con el incremento de la dosis aplicada. Entre los cultivares BP y BB presentaron mayor biomasa que BBR, no obstante no hubo diferencias significativas entre los tres respecto al rendimiento. BP presentó mayor número de espigas.m⁻² y PMG y menor número de granos.espiga⁻¹.

Sólo se encontró interacción significativa labranza x fertilización para granos.espiga⁻¹: bajo LC la respuesta a la fertilización fue mayor que bajo SD (Figura 2)

Tabla 1. Medias de la materia seca aérea (MSA) y del rendimiento y sus componentes para el año 2002, con el agregado de fungicida, bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹+ el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

	MSA (g.m ⁻²) GS 95	rendimiento (g.m ⁻²)	IC	espigas. m ²	granos.espiga ⁻¹	granos.m ⁻²	PMG
Promedio	1065	463	0,44	386	31,2	12218	37,9
Labranza (L)							
LC	1108 a	485 a	0,45 a	398 a	31,7	12833 a	38,0 a
SD	1021 b	441 b	0,43 a	374 b	30,5	11645 b	38,0 a
Cultivar (C)							
BP	1119 a	471 a	0,40 b	413 a	27,7 b	11733 b	40,0 a
BB	1056 ba	457 a	0,45 ba	385 ba	32,0 a	12530 a	37,0 b
BBR	1019 b	461 a	0,45 a	360 b	34,0 a	12454 a	37,0 b
Fertilización(F)							
N 130	718 c	323 c	0,43 a	310 c	27,5	8551 c	38,0 a
N 210	1132 ba	487 b	0,43 a	402 b	31,4	121827 b	38,0 a
N 290	1345 a	579 a	0,45 a	446 a	34,5	15339 a	38,0 a
Interacciones							
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns	Ns
F x C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 2. Medias de la materia seca aérea (MSA) y rendimiento y sus componentes para el año 2003, con el agregado de fungicida, bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

	MSA (g.m ⁻²)	Rendimiento (g.m ⁻²)	IC	espigas.m ⁻²	granos.espiga ⁻¹	Granos.m ⁻²	PMG
Promedio	1197	433	0,36	387	29,6	11511	37,7
Labranza (L)							
LC	1286	468 a	0,36 a	406 a	30,0 a	12096 a	38,9 a
SD	1107	399 b	0,36 a	368 b	29,3 a	10925 b	36,5 b
Cultivar (C)							
BP	1208	453 a	0,38 a	453 a	25,7	11580 a	39,4
BB	1294	426 a	0,33 b	365 b	32,1	12027 a	35,4
BB	1088	420 a	0,38 a	342 b	31,0	10925 a	38,4
Fertilización(F)							
N 130	868	285 b	0,33 b	290 b	25,5	7447 b	38,2
N 210	1298	482 a	0,37 a	408 a	32,3	12973 a	37,2
N 290	1423	533 a	0,38 a	462 a	31,2	14111 a	37,8
Interacciones							
C x L	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x C	**	Ns	Ns	Ns	**	Ns	*

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente

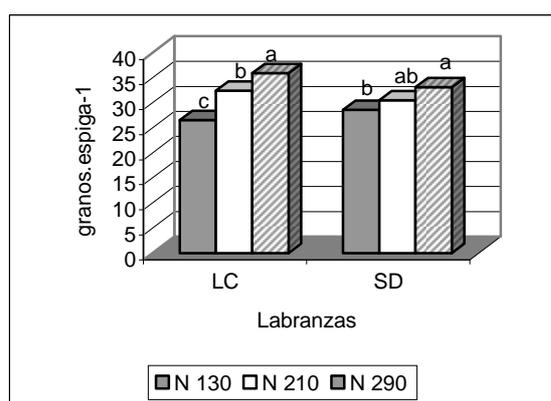


Figura 2. Granos.espiga⁻¹, año 2002: labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) x tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

En el año 2003 (Tabla 2), la biomasa y el rendimiento fueron significativamente mayores bajo labranza convencional. El incremento en el rendimiento estuvo basado en el aumento del número de espigas.m⁻², de granos.m⁻² y del PMG.

La biomasa, el IC, el rendimiento y todos sus componentes, a excepción del PMG, respondieron positivamente frente a la aplicación de fertilizante. Dicha respuesta tendió a ser mayor con el incremento de la dosis aplicada. Entre los cultivares, se encontró la misma respuesta que para el año anterior.

Se encontraron interacciones significativas fertilización x cultivar para la materia seca aérea (analizada en el capítulo 3 de la tesis) y fertilización x cultivar para granos.espiga⁻¹ y PMG. Para granos.espiga⁻¹: BB y BBR mostraron mayores respuestas a los tratamientos de fertilización que BP (Figura 3a). Para el PMG, BBR mostrará mayor respuesta a los tratamientos de fertilización que BP y BB (Figura 3b).

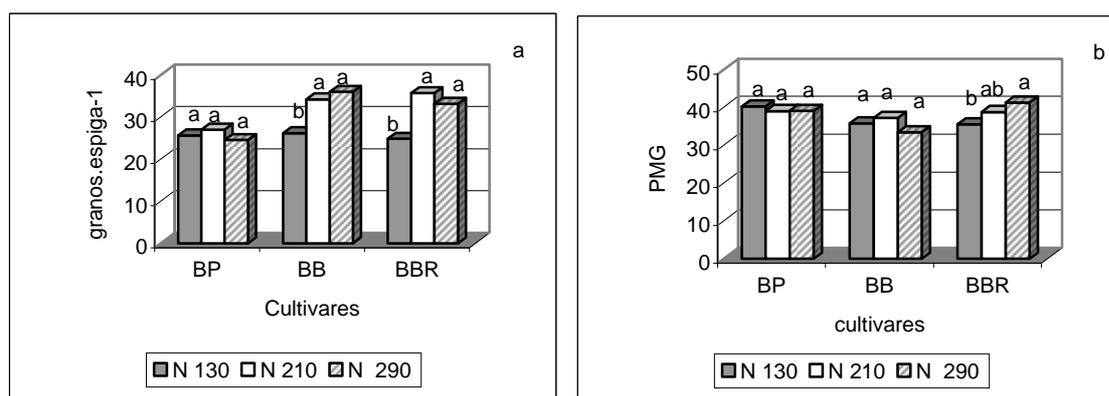


Figura 3. Granos.espiga⁻¹, año 2003, para tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290); b) interacción para PMG, año 2003, entre tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

b) Calidad en grano:

Para ambos años, la labranza utilizada, la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado y los cultivares influyeron significativamente sobre el contenido proteico (%P) (Tabla 3), que tendió a ser mayor en la labranza convencional, en el tratamiento de N 290 y para los cultivares BB y BBR. En todos los casos el % de P estuvo más relacionado con el % de N en grano que con el N total acumulado en grano. Sólo se encontró interacción significativa para fertilización x cultivar en el 2002, siendo BB y BBR los que alcanzaron valores mayores frente a los tratamientos de fertilización (Figura 4).

Tabla 3. Medias de proteína, % de N en grano y gluten para los años 2002 y 2003, con el agregado de fungicida, bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

	2002			2003		
	% Proteína	% N grano	% GH	% Proteína	% N grano	% GH
Promedio	12,9	2,26	32,2	11,7	2,06	24,8
Labranza (L)						
LC	13,4 a	2,37 a	32,7 a	11,8 a	2,07 a	25,0
SD	12,3 b	2,17 b	31,7 b	11,6 a	2,04 a	24,6
Cultivar (C)						
BP	12,5	2,20	31,3	11,1 b	1,95 b	24,4
BB	13,3	2,34	32,9	12,1 a	2,13 a	25,0
BBR	12,8	2,25	32,4	11,9 ba	2,09 ba	25,1
Fertilización (F)						
N 130	12,0	2,12	28,1	8,00 b	1,39 b	19,5 c
N 210	13,2	2,32	33,6	13,0 a	2,28 a	26,2 b
N 290	13,4	2,35	35,0	14,2 a	2,50 a	28,8 a
Interacciones						
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	*
F x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x C	*	*	**	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

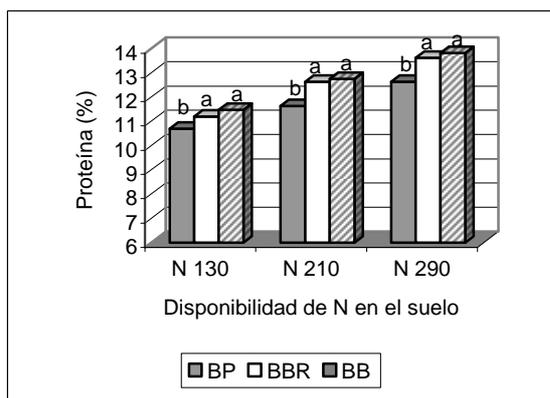


Figura 4. porcentaje de proteína para el año 2002, bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) para tres cultivares de trigo pan : Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR).

a) Análisis de harina:

Para el gluten húmedo (GH), sólo en el año 2002 se encontraron diferencias significativas para las labranzas, siendo mayor su % bajo labranza convencional. Se detectaron diferencias significativas para ambos años entre las variedades y entre las fertilizaciones con valores crecientes y significativos según dosis. Entre los cultivares BB en 2002 y BBR en 2003 alcanzaron los valores mas altos. Las interacciones presentaron significancia para fertilización x cultivar en el 2002: si bien BP fue el de mayor respuesta a la fertilización, BB y BBR son los que alcanzaron los mayores valores, al igual que para el porcentaje de proteínas (Figura 5a). Respecto a la interacción labranza x cultivar del 2003, en LC hay valores más altos de BB y BBR en relación a SD (Figura 5b).

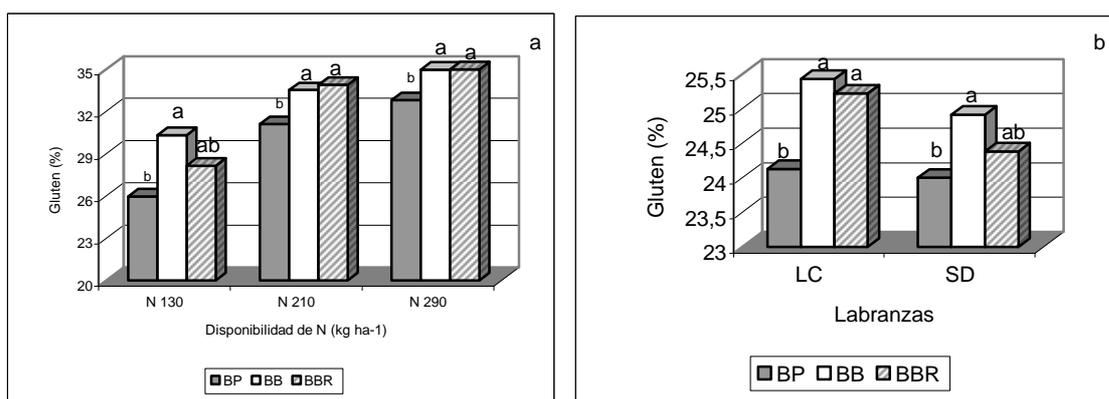


Figura 5. Porcentaje de gluten, en 2002, bajo a) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) para tres cultivares de trigo pan : Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR); b) interacción labranza x cultivar, en 2003, bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR).

Tabla 4. Correlaciones entre el gluten húmedo (GH), proteína (P) y el rendimiento con el N grano, N total, N postantesis, eficiencia de utilización del N (EutN), eficiencia agronómica (EA), MSA (materia seca aérea), MSR (materia seca radical) y SAR en diferentes estadios de crecimiento, en 2002 y 2003.

	2002			2003		
	GH	P	rendimiento	GH	P	rendimiento
P	0,83**		0,81**	0,95**		0,78**
N grano	0,81**	0,75**	0,79**	0,80**	0,80**	0,59**
Ntotal mad	0,81**	0,75**	0,77**	0,87**	0,50**	0,68**
Npostantesis	0,50**	0,46**	0,18ns	0,50**	-10ns	0,11ns
EutN	-0,17ns	-0,13ns	-0,17ns	-0,43**	-0,40**	0,03ns
EA	0,01ns	0,03ns	0,03ns	-0,76**	-0,14ns	0,23ns
Rendim	0,81**	0,76**		0,78**	0,78**	
MSA GS 65	0,54**	0,45**	0,04ns	0,77**	0,78**	0,73**
MSA GS 69	0,60**	0,61**	0,48**	0,76**	0,72**	0,69**
MSA GS 85	0,67**	0,66**	0,13ns	0,80**	0,83**	0,66**
MSA GS 95	0,75**	0,62**	0,76**	0,77**	0,82**	0,68**
MSR GS65	0,71**	0,72**	0,54**	0,63**	0,58**	0,60**
MSR GS77	0,77**	0,75**	0,75**	0,73**	0,75**	0,23ns
MSR GS95	0,69**	0,67**	0,50**	0,60**	0,63**	0,42**
SAR GS69	0,11 ns	0,09 ns	0,20ns	0,13 ns	0,11 ns	0,05ns
SAR GS77	0,20 ns	0,01 ns	0,02ns	0,06 ns	0,14 ns	0,18ns
SAR GS85	0,06ns	0,15ns	0,06ns	0,05 ns	0,04ns	0,09ns
SAR GS95	0,37*	0,28*	0,50**	0,49**	0,47**	0,33**

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente

Tabla 5. Correlaciones entre la materia seca radical (MSR) en diferentes estados y su actividad específica (SAR) con el N en grano, N total, N postantesis, eficiencia de utilización del N (EutN), eficiencia agronómica (EA), materia seca aérea en GS 95 y tasa de acumulación del N, en 2002 y 2003.

	N grano	N total	N post Antesis	EutN	EA	MSA GS95	Tasa acumN
2002							
MSR GS65	0,57**	0,55**	0,27*	-0,14ns	0,02ns	0,45**	0,14ns
MSR GS69	0,55**	0,54**	0,26*	0,02ns	-0,1ns	0,47**	0,01ns
MSR GS77	0,73**	0,74**	0,43**	-0,11ns	-0,2ns	0,75**	0,05ns
MSR GS85	0,55**	0,53**	0,44**	0,05ns	0,03ns	0,44**	0,07ns
MSR GS95	0,56**	0,50**	0,32*	-0,04ns	0,08ns	0,56**	0,01ns
SAR GS95	0,36*	0,42**	0,55**	-0,01ns	-0,7ns	0,34*	0,99**
2003							
MSR GS65	0,51**	0,53**	0,19ns	-0,30*	0,11ns	0,42**	0,11ns
MSR GS69	0,60**	0,60*	0,30*	-0,21*	0,26ns	0,50*	0,30*
MSR GS77	0,69**	0,70**	0,31*	-0,31*	-0,05ns	0,55**	0,44**
MSR GS85	0,20ns	0,19ns	0,07ns	0,01ns	-0,23ns	0,20ns	-0,05ns
MSR GS95	0,43**	0,51**	0,19ns	-0,33*	-0,11ns	0,40**	0,19ns
SAR GS95	0,79**	0,71**	0,76**	-0,47ns	0,19ns	0,50**	0,97**

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente

En el 2002 se encontró correlación del gluten húmedo y de las proteínas con el N en grano, N acumulado postantesis, N total, la MSA, la MSR para las distintas etapas analizadas, como así también con el rendimiento. No se encontró correlación de dichos parámetros con la EutN, EA, ni con la tasa de acumulación de N. La SARn en madurez presentó correlación con el gluten y la proteína. Respecto al rendimiento mostró la misma tendencia que los componentes de la calidad. Presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total, la MSA, la MSR para las distintas etapas analizadas.

Para todos los estados analizados la MSR, estuvo positivamente relacionada tanto con los componentes de la calidad (gluten húmedo y calidad) como con el rendimiento, presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total y la MSA. La SAR presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total, la MSA y el rendimiento en madurez (Tablas 4 y 5).

En 2003 se encontró correlación del gluten húmedo y de las proteínas con el N en grano, N acumulado postantesis, N total, la tasa de acumulación de N, la MSA, la MSR para las distintas etapas analizadas, como así también con el rendimiento. Dichas correlaciones presentaron valores mas elevados respecto al 2002. No se encontró correlación de dichos parámetros con la EutN, EA. Del mismo modo que en el 2002, la SARn en madurez presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total, la MSA y el

rendimiento en madurez, aunque la misma resultó mucho más contundente. Respecto al rendimiento mostró la misma tendencia que los componentes de la calidad. Presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total, la tasa de acumulación de N, la MSA, la MSR para las distintas etapas analizadas y con la SARn en madurez (Tablas 4 y 5).

La MSR, también se comportó como en 2002, estando positivamente relacionada tanto con el gluten húmedo y calidad como con el rendimiento en todos los estados fenológicos analizados, además presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total y la MSA.

Discusión y conclusiones:

La implementación del cultivo de trigo por medio de siembra directa puede derivar en una menor disponibilidad de nitrógeno, debido a problemas de inmovilización y volatilización del N y al menor crecimiento y capacidad de exploración radical por aumento de la compactación que presenta este tipo de labranza (Ferrerías *et al.*, 1996; Sarandón *et al.*, 1997; Falotico *et al.*, 1999). Esta sería la causa del menor rendimiento logrado con esta técnica frente al alcanzado con la labranza convencional en dos campañas en la que el cultivo no tuvo restricciones hídricas, sino que por el contrario, dispuso de abundante humedad en las etapas críticas. Esto explicaría también, el mayor número de espigas m^{-2} logrado en la labranza convencional por una mayor disponibilidad de N. Esta labranza fue propicia para satisfacer los parámetros que caracterizan cualitativamente al grano como ser el contenido en proteínas. En el año 2003, las elevadas precipitaciones durante noviembre habrían favorecido el llenado de grano bajo la labranza convencional, generando diferencias significativas en el peso de mil granos. El resultado habría sido un grano más grande y pleno bajo este sistema de labranza.

Asumiendo que el contenido proteico del grano es influenciado por el cultivar, la disponibilidad de N y las condiciones de humedad y temperatura durante el crecimiento del cultivo (Tanoni *et al.*, 1998), el contenido de proteínas significativamente menor producido en la siembra directa obedecería a una menor disponibilidad de nitrógeno en este sistema.

Los altos rendimientos suelen estar asociados con un bajo contenido de proteínas en grano, presentando correlaciones negativas, relacionadas generalmente a efectos genotípicos y ambientales (Campaña & Sempé, 1984). Sin embargo, en este ensayo se han encontrado correlaciones positivas entre proteína y rendimiento en grano ($r= 0,82^{**}$). Resultados similares presentaron González Montaner *et al.*, 1998, quienes encontraron que datos

ordenados en función de tratamientos crecientes de N, mostraban una asociación positiva entre rendimiento y porcentaje de proteína. Partiendo de situaciones donde la disponibilidad de N limita el crecimiento, a medida que se incrementa el suministro de este elemento, el crecimiento regula progresivamente la absorción y por lo tanto, la concentración del mismo en los tejidos tiende a incrementarse, derivando en correlaciones positivas entre proteína y rendimiento en grano.

Al considerar los tratamientos de fertilización, el aumento significativo en el rendimiento estaría principalmente asociado al mecanismo de supervivencia de los macollos, ya que la fertilización incrementó el valor medio de las espigas m^{-2} y en menor grado, el peso de los granos. Resultados similares fueron encontrados por Chidichimo *et al.*, 1998 y García *et al.*, 1998

En el caso de las proteínas, se encontró un efecto positivo con el agregado de N, incrementándose el valor de las mismas con la dosis de fertilizante. Esto también explica el aumento en contenido de gluten húmedo con la fertilización, ya que en este ensayo el gluten húmedo y proteína dieron una alta asociación ($r= 0,93^{**}$).

El agregado de N en dosis no muy elevadas en casos de marcada deficiencia (casos en que la respuesta del rendimiento se maximiza) tendería a aumentar el rendimiento del grano. En estas condiciones, el rendimiento está fuertemente limitado por la disponibilidad de N y responde aumentando casi linealmente al agregado de nutriente. En este rango de dosis es frecuente observar que cada unidad de N agregada es usada muy eficientemente en la formación de destinos reproductivos (flores fértiles-granos). El nitrógeno presente en la espiga se diluye en el “pool” de carbohidratos que pueden ser acumulados en el tamaño aumentado de destinos (mayor número de granos) y se observa que aumentos en el rendimiento pueden ir acompañados de mermas en el porcentaje de proteína de los granos. En el caso extremo opuesto, con dosis mayores, aún dentro del rango de respuesta del rendimiento a la fertilización, se alcanzarán rindes todavía mayores. Sin embargo, los incrementos logrados por unidad extra de nutriente agregado son decrecientes. El nitrógeno aplicado “excedente, si no se pierde del sistema (por ejemplo, por lavado), puede ser absorbido por el cultivo y aumentar la cantidad de proteína del grano. Aplicaciones por encima del nivel de N que logra máximo rendimiento provocan sólo aumentos en los porcentajes de proteína (Savin & Sorlino, 2004). En el presente trabajo estaríamos dentro del rango intermedio de respuesta, puesto que si bien se incrementó el rendimiento con las dosis de N aplicadas, este incrementó resultó decreciente, lográndose al mismo tiempo un aumento del porcentaje de proteínas.

Con la oportunidad de fertilización ocurre algo similar a lo explicado para la dosis. Para una isodosi de fertilización, a medida que se atrasa la práctica, más allá de un límite particular (que depende de las condiciones del cultivo pero se puede establecer genéricamente como el de mediados de macollaje), la eficiencia de transformación del N aplicado disminuye el rendimiento y aumenta proporcionalmente la disponibilidad de N que puede ser incorporado como proteínas en los granos. Además, este aumento de proteína puede estar acompañado de un cambio en la composición de la proteína. En diversos ensayos, se ha informado que aumentos en el porcentaje de proteínas en trigo, debido a aumentos en la disponibilidad de N, determinan aumentos proporcionales en la fracción de las gliadinas en relación con las gluteninas (la particularidad que presentan las proteínas de reserva en trigo de formar gluten es esencial para establecer su calidad panadera. El gluten se encuentra conformado principalmente por las gliadinas y las gluteninas). Esto induce a otro nivel de complejidad, ya que por un lado aumentos en el porcentaje de proteínas tienden a aumentar la fuerza de la masa, pero por el otro, aumentos en la fracción de las gliadinas tienden a disminuir la fuerza de la masa. La respuesta del resultado de esta interacción no es obviamente inequívoca, pero en términos generales es que aumentos en la fertilización nitrogenada aumentan la fuerza de la masa, debido a que el aumento en el % de proteínas tiene mayor influencia y tiende a compensar el efecto negativo del aumento de la relación gliadina/gluteninas (Savin & Sorlino, 2004).

En lo que respecta a los cultivares utilizados en este ensayo, BBR y BB pertenecen al Grupo 1 y BP está incluido en el Grupo 2 de calidad. Las diferencias encontradas en los parámetros industriales responden a características propias de su aptitud genética para expresar estos índices.

Para todos los estados analizados la MSR, estuvo positivamente relacionada tanto con los componentes de la calidad (gluten húmedo y proteína) como con el rendimiento, presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total y la MSA. La SAR sólo presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total y la MSA en madurez.

La correlación de la SAR con el rendimiento y el N en grano (y éste a su vez con las proteínas y el gluten), indica la importancia de la absorción de N en postfloración tanto para calidad como para rendimiento. Debido a que las raíces mantuvieron su actividad hasta el momento de madurez fisiológica (Capítulo 4), una mayor oferta de N, provocó una mayor absorción del mismo con el consecuente aumento de la MSA, rendimiento y calidad.

CAPÍTULO 6

EFFECTO DE ENFERMEDADES FOLIARES Y SU CONTROL CON FUNGICIDA SOBRE LA MATERIA SECA RADICAL Y AEREA, RENDIMIENTO Y CALIDAD EN TRIGO

Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron a) Evaluar la intensidad de enfermedades foliares en tres cultivares de trigo bajo distintos sistemas de labranza, fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas; b) Evaluar el efecto de dichas enfermedades sobre la materia seca radical y su actividad específica, la materia seca aérea, N en planta, rendimiento y calidad c) Efecto del control con fungicida sobre el rendimiento y sus componentes, materia seca radical y aérea.

En el análisis combinado de dos años, la incidencia resultó mayor en 2002 y bajo SD. BP fue el cultivar más afectado. La incidencia se vio reducida con el agregado de fertilizante y con la aplicación de fungicida, La severidad presentó diferencias significativa entre años, en GS 23, GS 65, GS 77 , estados en los cuales resultó mayor en 2003, no presentando diferencias significativas entre ambos años en GS 85. BB resultó el cultivar con menor porcentaje de severidad. Como la incidencia, la severidad se redujo con la aplicación de nitrógeno y con la aplicación de fungicida. Se encontró interacción año x labranza para la incidencia y la severidad en GS 23, ambas variables resultaron mayores bajo SD, y de mayor intensidad en 2003. Tanto en el 2002 como en el 2003 la incidencia presentó correlación negativa con la MSA y la MSR en todos los estados fenológicos analizados. También presentó correlación negativa con el N acumulado postantesis, N total acumulado, N en grano, proteína, gluten y rendimiento. No presentó correlación con la SARn. En el 2002 la severidad en GS 77 y GS 85 presentó correlación negativa con el N en grano, N total acumulado, N acumulado postantesis, y en el caso de la severidad en GS 77 también con proteína. En el año 2003, la severidad presentó en general en todos los estadios una correlación negativa con la proteína, gluten, rendimiento y sus componentes (principalmente con el número de granos. espiga⁻¹), MSA, MSR, N acumulado postantesis, N total acumulado, N en grano. Esta mayor asociación en 2003 con todos los parámetros analizados puede deberse a la mayor severidad causada por manchas foliares que en 2002.

El fungicida en GS 21 +GS 32 causó incrementos en espigas m^{-2} , PMG y rendimiento en 2002 y en peso de mil granos y rendimiento en 2003 en que la severidad causada por manchas foliares fue mayor que en 2002. La aplicación de fungicida provocó una mayor producción de MSA que de MSR, lo que indica que la materia seca aérea resultó más sensible que la radical frente a este tipo de patógenos.

Este capítulo esta basado en las siguientes publicaciones:

*VI Congreso Nacional de Trigo. IV Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-invernal. Bahía blanca. 20 al 22 Octubre 2004:

-Influencia del sistema de labranza, fertilización nitrogenada, genotipo y control con fungicidas 1. Intensidad de las enfermedades foliares del trigo.177-178. Simón M.R., Terrile I., Ayala F., Pastore M., Cicchino M., Corries F., Miguez E., Golik S., Cordo C.A., Perelló A., Chidichimo H.

-Influencia del sistema de labranza, fertilización nitrogenada, genotipo y control con fungicidas. 2. Rendimiento y sus componentes. 179-180. Simón M.R., Ayala F., Terrile I., Pastore M., Cicchino M., Corries F., Bonini R., Miguez E., Moreno V., Bayo D., Golik S., Chidichimo H.

Introducción:

El manejo integrado de enfermedades implica la utilización de varias medidas de control (cultural, genético, biológico, químico). Las prácticas conservacionistas pueden causar incrementos en la intensidad de las enfermedades foliares causadas por patógenos necrotróficos. Se ha mencionado que *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs. anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died) Shoem. se incrementa en la labranza reducida (Kohli *et al.*, 1992 Simón *et al.*, 2001), aunque Fernández *et al.*, (1998) no encontraron diferencias significativas. Respecto a *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter, in cohn anamorfo *Septoria tritici* Rob. Ex Desm. que provoca la mancha de la hoja o septoriosis de la hoja, es dependiente de los tejidos vivos o muertos, a los cuales coloniza para sobrevivir. La rotación permite la mineralización del rastrojo y erradica el patógeno debido a que le produce la muerte por inanición, sin embargo sólo es eficaz si el cultivo no se repite por dos o tres años y no hay hospederos secundarios o plantas voluntarias. Los restos culturales infectados constituyen la más importante y numerosa fuente de inóculo. En siembra directa, los tallos de trigo cortados después de la cosecha que permanecen en pie, deben ser considerados como los más importantes. Entre los agentes biotróficos causantes de enfermedades foliares se destacan las royas. Una de las medidas preferenciales de control es la eliminación de plantas voluntarias o guachas ya que es su principal mecanismo de supervivencia de una estación a otra. En cuanto a la fertilización nitrogenada Annone *et al.* (2003) encontraron aumentos de la severidad de la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) con incrementos de la misma. La rotación de cultivos y el manejo de los rastrojos no son medidas adecuadas de control para este patógeno, debido a sus características epidemiológicas (Kolhi & Reis, 1994; Carmona, 2003).

La fertilización nitrogenada puede causar incrementos o reducciones en la severidad dependiendo del ambiente y de la enfermedad que predomine (Huber *et al.*, 1987; Bockus y Davis, 1992; Melegari *et al.*, 2001; Simón *et al.*, 2002; 2003). La fertilización nitrogenada origina reducciones en la severidad cuando la mancha amarilla es predominante, en tanto que en otras enfermedades como la mancha de la hoja los resultados no son coincidentes (Huber *et al.*, 1987; Simón *et al.*, 2001; 2002). Asimismo la aplicación de fungicidas ocasiona reducciones en la severidad del patógeno superiores al 30 % (Simón *et al.*, 2004). El control con fungicidas aéreos debe realizarse en el momento en que el cultivo pueda beneficiarse por el aumento del área fotosintéticamente activa debido al control de la enfermedad. El periodo crítico (PC) para la determinación del número de granos.m⁻² en el cultivo de trigo está asociado con la radiación incidente 30 días antes de antesis (Fischer, 1985). Se ha encontrado

además interacción entre la labranza, el cultivar y la fertilización, indicando que la estructura aérea o radical de los genotipos podría estar incidiendo en el comportamiento que presentan frente a la fertilización y sistema de labranza (Simón *et al.*, 2001). A su vez tales cambios pueden tener un gran efecto sobre la capacidad funcional del sistema radical. En ensayos previos se ha determinado que distintos cultivares presentan diferentes reducciones de la severidad e incidencia de *D. tritici repentis* por efecto de la fertilización nitrogenada y que estas reducciones suelen ser menores en labranza convencional que en siembra directa (Simón *et al.*, 2001). Las aplicaciones tempranas de fungicidas en algunos casos han incrementado el rendimiento a través de un aumento en el número de granos.m⁻² y del peso de mil granos (Carmona, 2003), en tanto que en otros casos no se han obtenido incrementos del rendimiento pero si del peso de mil granos (Formento y Burne, 2001).

El incremento de la materia seca del cultivo es principalmente afectado por la fertilización nitrogenada y las enfermedades a través del efecto de éstas sobre la radiación fotosintéticamente activa interceptada, IPAR (Olesen *et al.*, 2003). La incidencia de las enfermedades foliares sobre atributos fisiológicos como la biomasa, que puede actuar como un mecanismo de tolerancia, y la pérdida de rendimiento bajo sistemas que incluyen diferentes factores (cultivares, labranzas, tratamientos de fertilización nitrogenada; tratamientos de fungicidas) han sido poco analizados.

Los objetivos de este trabajo fueron a) Evaluar la intensidad de enfermedades foliares en tres cultivares de trigo bajo distintos sistemas de labranza, fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas; b) evaluar el efecto de dichas enfermedades sobre la materia seca radical, y su actividad específica, la materia seca aérea, N en planta, rendimiento y calidad c) Efecto del control con fungicida sobre el rendimiento y sus componentes, materia seca radical y aérea.

Materiales y Métodos:

Los ensayos se realizaron de acuerdo a lo indicado en el capítulo 2 de materiales y métodos. El fungicida aplicado fue Caramba (metconazole), en una dosis de 900 cm³ ha⁻¹, en GS 21 + GS 32. El fungicida se aplicó en estos estados de crecimiento y no en GS 37 o 39, como se realiza usualmente, porque las enfermedades foliares se presentaron desde el inicio por la alta presión de inóculo y para mantener el período crítico libre de enfermedad

Se evaluó incidencia sólo en macollaje, estado de crecimiento GS23 (Zadoks *et al.*, 1974), ya que en estados subsiguientes todas las hojas presentaron lesiones. Las evaluaciones de porcentaje de lesión necrótica (severidad) se realizaron en forma visual, en GS 23, GS 65, GS

77 y GS 85 en las tres hojas superiores. Se determinó la frecuencia de los patógenos predominantes colocando 7-8 hojas desinfectadas de cada parcela en cámara húmeda y por observación microscópica .

El análisis estadístico se realizó mediante un ANVA para parcelas divididas. Los datos de severidad fueron transformados mediante $\arcsen \sqrt{x}$. Debido a la presencia de interacciones entre los diferentes tratamientos y el año para algunas variables, se realizó también un análisis por separado de cada año.

Resultados:

El patógeno foliar ampliamente predominante en ambos años (90 %) fue *D. tritici-repentis* causante de la mancha amarilla (MA). El 10 % restante correspondió a *S. tritici* (MH) y *P. triticina* (RH).

En el análisis combinado, se encontró interacción, para la incidencia, entre año x labranza en GS 23: en la LC la incidencia disminuyó en 2003, pero se mantuvo en SD (Figura 1a). También hubo interacción año x fungicida: el efecto del fungicida sobre la incidencia resultó mayor en el año 2003 (Figura 1b); fertilización x fungicida: la incidencia resultó menor con la dosis mas alta de fertilizante y con la aplicación de fungicida (Figura 1c); fertilización x cultivar: BB y BBR disminuyeron su incidencia con la aplicación de N, en cambio BP no presentó diferencias significativas (Figura 1d). También se encontró interacción significativa para la severidad, entre año x cultivar en GS 65, GS 77 y GS 85 y año x fertilizante en GS 65 y GS 85. En GS 85, en 2002 BB resultó el cultivar con menor % de severidad, en 2003 no hubo diferencias significativas entre cultivares para la misma (Figura 2a). La severidad resultó menor con el incremento de N disponible en 2003 (Figura 2b). Para los demás estadios el comportamiento resultó similar. Las restantes interacciones no fueron significativas o no presentaron consistencia a través de los estadios y años.

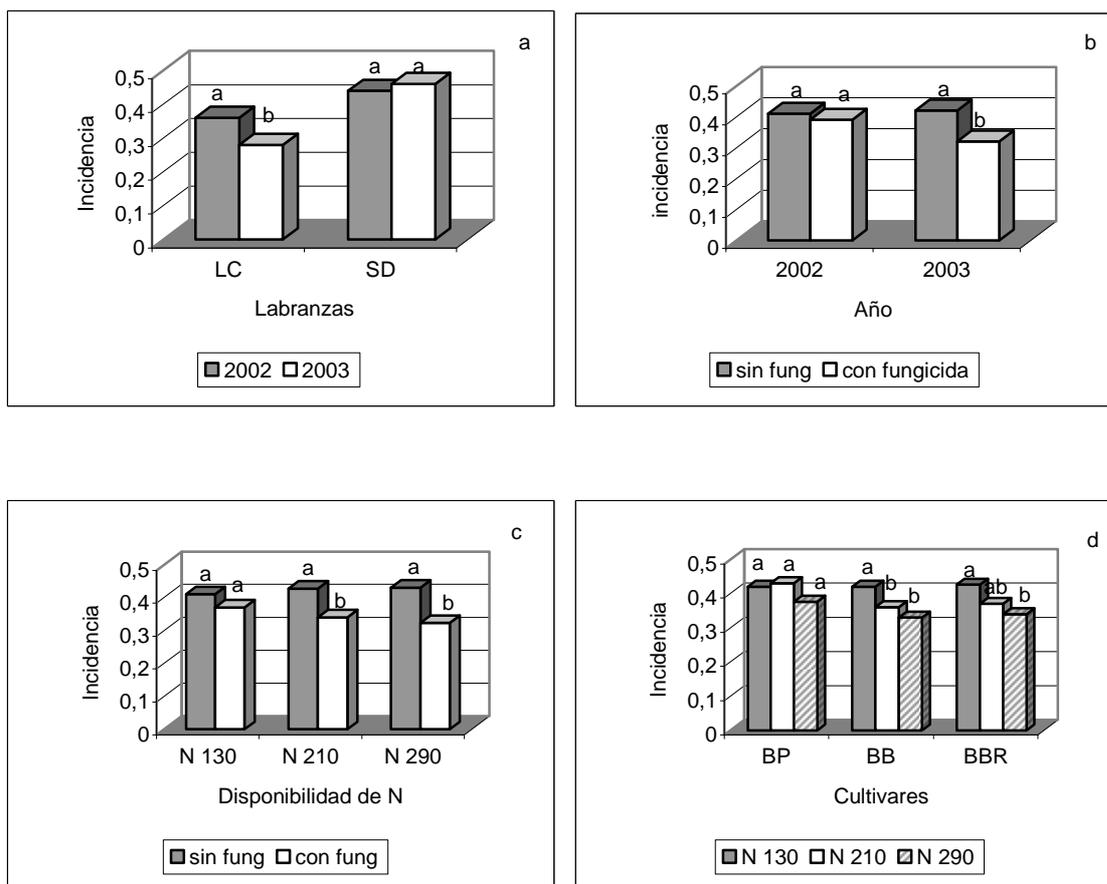


Figura 1. Incidencia en GS 23: a) para dos años: 2002 y 2003 y dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD); b) entre años: 2002 y 2003 y dos tratamientos de fungicidas: con y sin con fungicida; c) combinando ambos años, entre tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de fungicidas: con y sin fungicida; d) combinando ambos años, entre tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial, en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

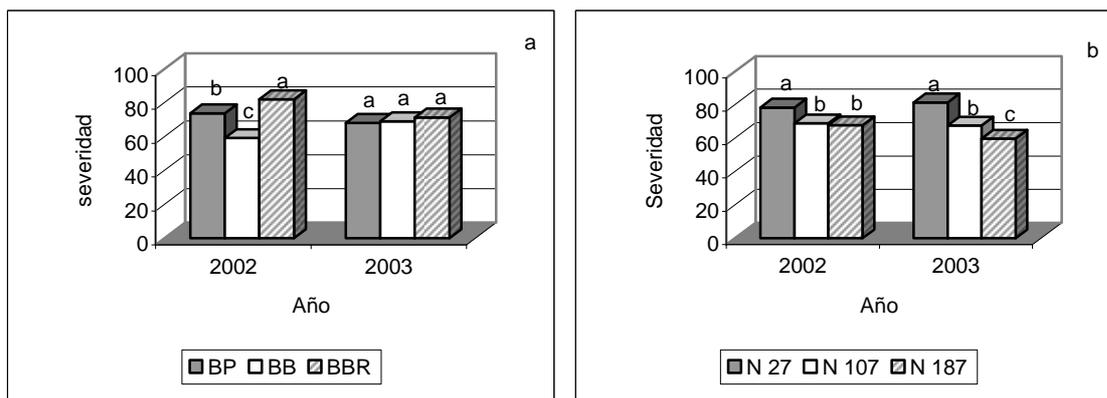


Figura 2. Severidad en GS 85 para: a) dos años : 2002 y 2003 y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR); b) años : 2002 y 2003 y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha^{-1} (N 130), N inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 40 kg ha^{-1} de N a la siembra y 40 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha^{-1} + el agregado de 80 kg ha^{-1} de N a la siembra y 80 kg ha^{-1} de N en 2-3 nudos detectables (N 290).

En el análisis individual para cada año (Tabla 1), hubo una tendencia a una mayor severidad de las enfermedades foliares en siembra directa en todos los estadios, que fue significativa en GS 77 en ambos años y GS 85 en el año 2003. Similares resultados se obtuvieron para la incidencia que resultó significativamente mayor en siembra directa en 2002. BB resultó en general el cultivar de mejor comportamiento a través de los estadios. Hubo diferencias significativas para los tratamientos con fertilización nitrogenada ya que tanto la incidencia como la severidad en los diferentes estadios presentaron valores decrecientes a medida que se incrementaron las dosis de fertilizante.

El tratamiento con fungicida presentó valores inferiores de severidad en GS 77 en 2002 y en GS 65, GS 77 y GS 85 en 2003. Para la incidencia en macollaje en 2003, hubo interacciones significativas entre el tratamiento de labranza y el fungicida ya que en siembra directa hubo una menor reducción de la incidencia cuando se aplicó fungicida. También en GS 23 hubo interacción significativa en los dos años para la severidad. Las restantes interacciones no fueron significativas o no presentaron consistencia a través de los estadios y años.

Tanto en 2002 como en 2003, la incidencia presentó correlación negativa con la MSA y la MSR en todos los estados fenológicos analizados. También presentó correlación negativa con

el N acumulado postantesis, N total acumulado, N en grano, proteína, gluten y rendimiento. No presentó correlación con la SARn .

En 2002 la severidad en GS 77 y GS 85 presentó correlación negativa con el N en grano, N total acumulado, N acumulado postantesis, y en el caso de la severidad en GS 77 también con proteína. En el año 2003, la severidad presentó en general en todos los estadios una correlación negativa con la proteína, gluten, rendimiento y sus componentes (principalmente con el número de granos. espiga⁻¹), MSA, MSR, N acumulado postantesis, N total acumulado, N en grano. Esta mayor asociación en 2003 con todos los parámetros analizados puede deberse a la mayor severidad causada por manchas foliares que en relación a 2002 (Tablas 5, 6, 7 y 8).

Tabla 1: Medias de incidencia y severidad bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos con fungicidas en 2002 y 2003.

Año	Incidencia		Severidad		GS 65		GS 77		GS 85	
	GS 23 2002	GS 23 2003	GS 23 2002	GS 23 2003	GS 65 2002	GS 65 2003	GS 77 2002	GS 77 2003	GS 85 2002	GS 85 2003
Labranzas (L)										
LC	0,36 b	0,28	7,46	9,04	3,63 a	18,0 a	26,0 b	48,5 b	68,1	65,3 b
SD	0,44 a	0,46	13,6	20,3	4,19 a	19,1 a	38,3 a	62,0 a	75,0	73,6 a
Cultivar (C)										
BP	0,42 a	0,40	9,69	15,4 a	4,46 a	24,8 a	43,5 a	59,5 a	73,7	68,0 a
BB	0,40 a	0,34	9,07	12,9 a	2,00 b	12,1 c	17,9 c	51,4 c	59,1	69,1 a
BBR	0,40 a	0,36	12,9	15,6 a	5,28 a	18,9 b	31,7 b	54,8 b	81,9	71,2 a
Fertilización(F)										
N 130	0,43 a	0,41	12,1 a	18,4	3,74 a	22,9 a	33,7 a	61,8 a	78,2 a	81,3 a
N 210	0,41 b	0,36	10,5 ab	14,4	4,17 a	16,5 b	28,5 b	54,4 b	68,8 b	67,4 b
N 290	0,38 c	0,33	8,98 b	11,2	3,82 a	16,3 b	24,1 c	49,5 c	67,6 b	59,6 c
Fungicida(Fu)										
Sin fungicida	0,41 a	0,42	12,3	17,6	4,19 a	21,4 a	40,1 a	64,0 a	81,7	77,2 a
Con fungicida	0,39 a	0,32	8,76	11,7	3,62 a	15,8 b	20,9 b	46,5 b	61,4	61,6 b
Interacciones										
C x L	Ns	Ns	*	Ns						
F x L	Ns	Ns	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x C	Ns	*	Ns							
Fu x L	Ns	*	**	*	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns
Fu x C	Ns	**	Ns							
Fu x F	Ns									

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no

presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

En el análisis combinado para ambos años, el rendimiento presentó diferencias significativas entre años, entre sistemas de labranza, tratamientos de fertilización y tratamiento con fungicida. No hubo interacciones significativas para rendimiento ni sus componentes. El rendimiento resultó mayor en el año 2002, bajo labranza convencional con el agregado de fertilizante y con la aplicación de fungicida. No hubo diferencias en el rendimiento entre cultivares.

El número de espigas m^{-2} presentó diferencias significativas para las labranzas, los tratamientos de fertilización, entre cultivares y tratamientos con fungicida. El mismo resultó mayor bajo labranza convencional y aumentó con dosis creciente de N. Entre los cultivares, BP fue el de mayor número de espigas m^{-2} . Dicho componente del rendimiento se incrementó con la aplicación de fungicida. No presentó diferencias entre años y entre sistemas de labranza.

El número de granos espiga⁻¹ presentó diferencias significativas entre años, sistemas de labranza, tratamientos de fertilización y cultivares. No hubo diferencias para este parámetro con y sin la aplicación de fungicida. El mayor número se obtuvo para el año 2002 y para la labranza convencional. Hubo respuesta al agregado de dosis creciente de N. Entre los cultivares BB y BBR fueron los de mayor número de granos espiga⁻¹.

El PMG no presentó diferencias significativas entre años, ni para los tratamientos de fertilización. Si resultó modificado por el sistema de labranza, los cultivares y la aplicación de fungicida. Fue mayor bajo labranza convencional, para BP.

En el análisis individual para cada año (Tabla 2), en ambos años, el rendimiento fue superior bajo la labranza convencional, y se incrementó con la aplicación de N y fungicida. El mayor número de espigas m^{-2} se obtuvo bajo labranza convencional y fue mayor para BP en el año 2003; con fertilización nitrogenada en ambos años y con la aplicación de fungicida en 2002. El número de granos. espiga⁻¹ fue mayor bajo labranza convencional sólo en 2002. Fue superior en los cultivares BBR y BB y se incrementó con la fertilización nitrogenada tanto en 2002 como en 2003. El fungicida aplicado no modificó el número de granos. espiga⁻¹ en 2002 ni en 2003. Debe señalarse que la incidencia de enfermedades fúngicas en espiga fue escasa. El PMG resultó menor bajo SD sólo en 2003. En ambos años BP fue el de mayor peso y sólo en el 2003 BB tuvo menor peso que BBR. El peso de mil granos resultó mayor

con la aplicación de fungicida en ambos años. Las interacciones en general no fueron significativas.

Tabla 2. Medias de rendimiento y sus componentes bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de aplicación de fungicida

	espigas.m ⁻²		granos.espiga ⁻¹		PMG		Rendimiento (g m ⁻²)	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Promedio	378	380	30,3	29,2	36,9	36,8	443	414
Labranzas (L)								
LC	380	396 a	31,4 a	29,6 a	37,4 a	37,5 a	459 a	442
SD	376	365 b	29,2 b	28,7 a	36,7 a	36,0 b	426 b	386
Cultivar (C)								
BP	413	432 a	26,7 b	25,9 b	39,2 a	39,2 a	448 a	439 a
BB	364	366 b	31,5 a	30,1 a	36,0 b	34,7 b	435 a	396 a
BBR	357	344 c	32,6 a	31,5 a	35,9 b	36,3 c	444 a	406 a
Fertilización(F)								
N 130	303 c	295 c	25,9 b	24,2 b	36,6 a	36,7 a	307 c	265
N 210	400 b	392 b	31,7 a	31,0 a	37,4 a	36,2 a	481 b	440
N 290	431 a	454 a	33,2 a	32,3 a	37,1 a	37,3 a	539 a	537
Fungicida (Fu)								
Sin fungicida	370 b	374 a	30,1 a	28,7 a	36,2 b	35,8 b	423 b	394 b
Con fungicida	385 a	387 a	30,4 a	29,6 a	37,9 a	37,7 a	462 a	433 a
Interacciones								
C x L	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
F x L	NS	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	*
F x C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Fu x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Fu x C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Fu x F	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Para la MSA, considerando los dos años en forma combinada, se encontraron interacciones año x fertilizante y año x fungicida en GS 69 y GS 77. En GS 77, en ambos años hubo respuesta, con diferente intensidad, a la aplicación de fertilizante (Figura 3a). En ambos años la MSA se incrementó con el agregado de fungicida (Figura 3b). En el otro estadio el comportamiento fue similar para ambas interacciones. También hubo interacción fungicida x labranza en GS 69, GS 77 y GS 95. En GS 95, ambas labranzas respondieron a la

aplicación de fungicida, pero con mayor intensidad en LC (Figura 3c). Y fungicida x fertilizante en GS 77 y GS 95. En GS 95, la producción de MSA resultó mayor con el agregado de dosis crecientes de N, tanto en los tratamientos con como en los sin fungicida (Figura 3d). Las restantes interacciones no fueron significativas o no resultaron consistentes a través de los estadios y años.

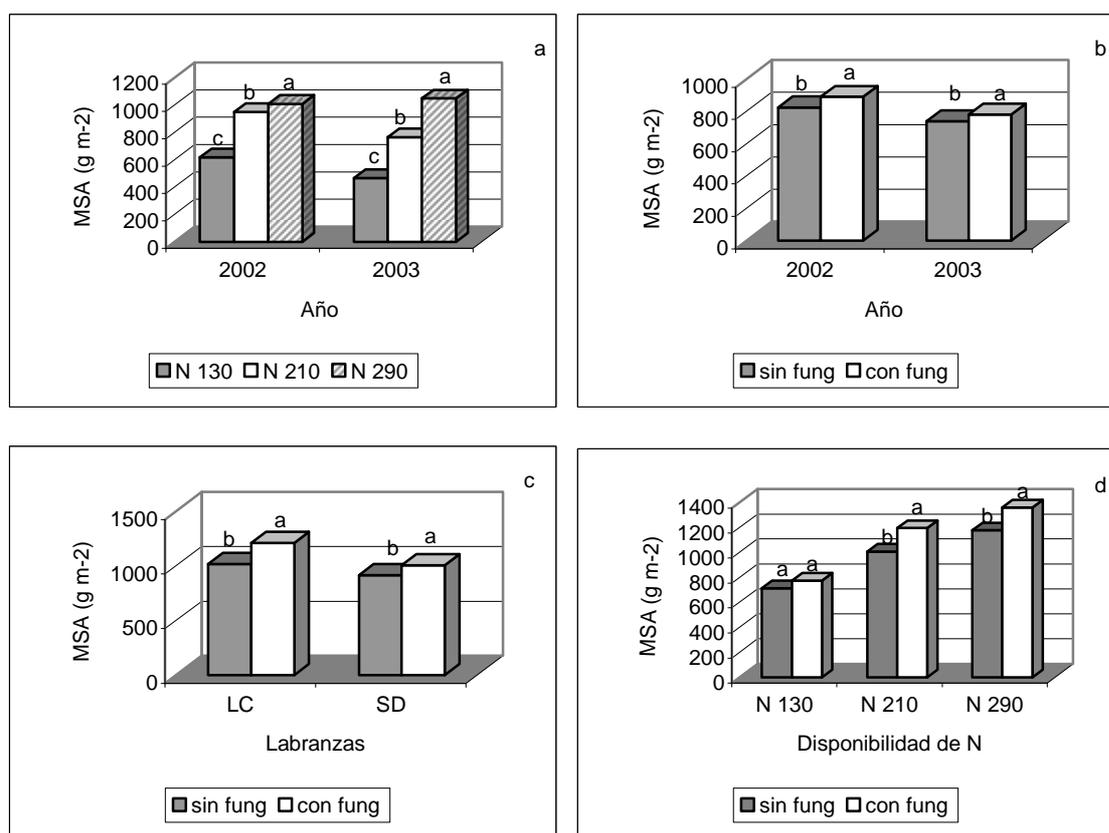


Figura 3. Materia seca aérea (MSA) para: a) dos años : 2002 y 2003 y tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) en GS 77; b) dos años : 2002 y 2003 y dos tratamientos de fungicidas: con y sin fungicida en GS 77; c) combinando ambos años, para dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), y dos tratamientos de fungicidas: con y sin fungicida en GS 95; d) combinando ambos años, bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de fungicida: con y sin fungicida, en GS 95.

Considerando ambos años por separado (Tabla 3), tanto en 2002 como en 2003, la MSA resultó menor bajo SD. Entre los cultivares, BP presentó mayor materia seca aérea que BBR.

La fertilización resultó positiva, incrementando su efecto con dosis crecientes. El efecto del fungicida fue significativo para la mayoría de los estados analizados. Las interacciones en general no presentaron significancia.

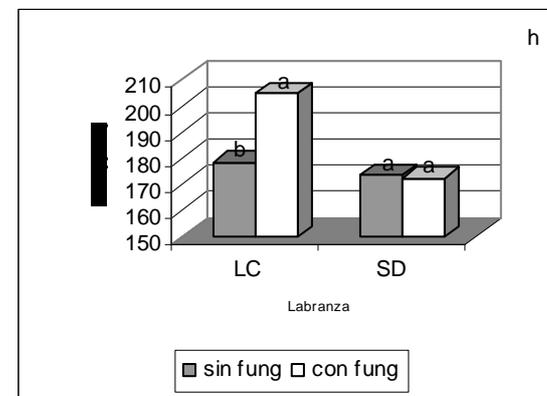
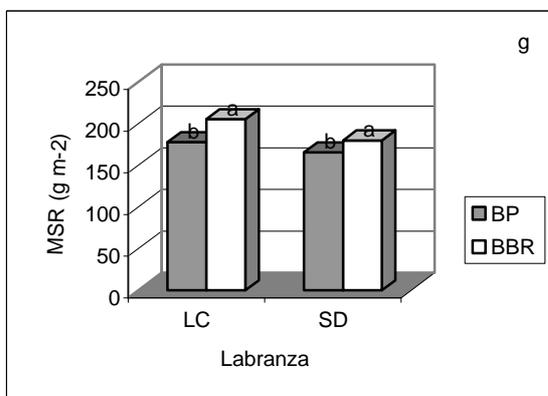
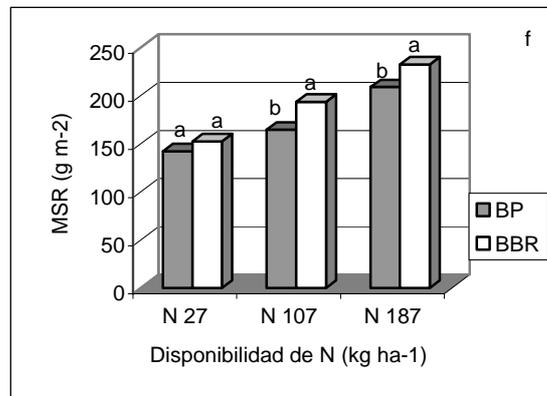
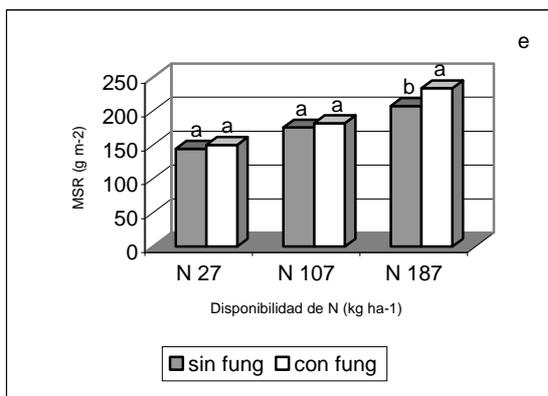
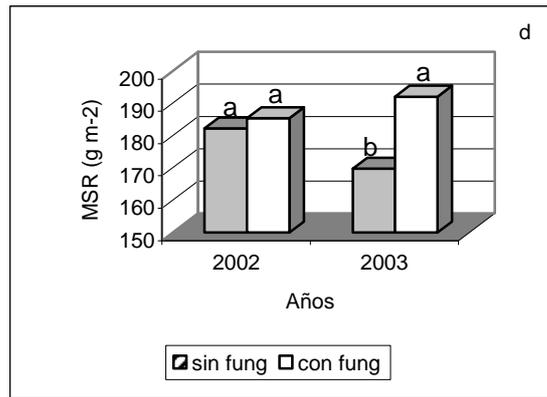
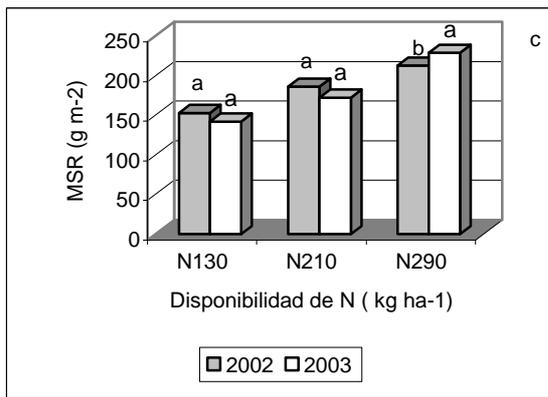
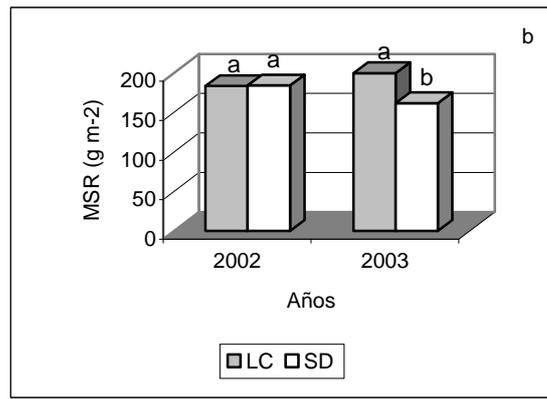
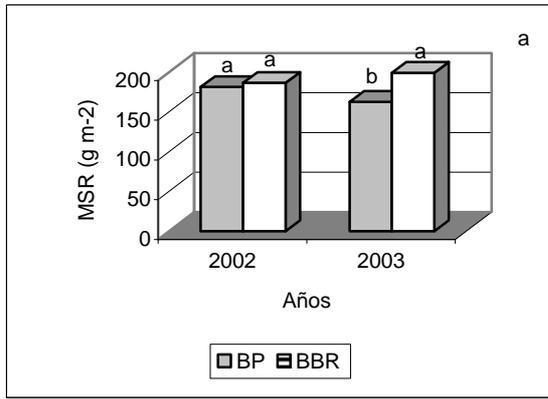
En el análisis combinado para 2002 y 2003, la MSR presentó interacciones: año x cultivar en GS 69 y GS 77: BBR aumentó la MSR en el 2003 (Figura 4a); año x labranza en GS 69, GS 77 y GS 95: la MSR en 2003 aumento bajo LC y disminuyó en SD, respecto a la del 2002 (Figura 4b); año x fertilizante en GS 69, GS 77 y GS 95: sólo con la dosis más alta se encontraron diferencias significativas entre años (Figura 4c); año x fungicida en GS 69 y GS 77: hubo mayor efecto del fungicida, sobre la producción de MSR, en 2003 (Figura 4d). También se encontró interacción fungicida x fertilización en GS GS 69, GS 77 y GS 95: la MSR se incrementó con el agregado de fertilizante y sólo con la dosis más alta presentó diferencias significativas para los tratamientos con y sin fungicida (Figura 4e); fertilización x cultivar en GS 69 y GS 77: BBR produjo mayor MSR que BP en los tratamientos fertilizados pero en N130 (Figura 4f); labranza x cultivar en GS GS 69 y GS 77: BBR incrementó más su biomasa en LC que en SD en relación a BP (Figura 4g), fungicida x labranza en GS 69 y GS 77: hubo mayor respuesta al fungicida bajo LC (Figura 4h) y labranza x fertilización en GS 69, GS 77 y GS 95: con la aplicación de fertilizante se obtuvo mayor MSR bajo ambas labranzas (Figura 4i). Las figuras corresponden a GS 77, en los restantes estadios resultaron muy similares.

Considerando ambos años por separado (Tabla 4), los sistemas de labranza sólo tuvieron efecto significativo, en la producción de MSR, en GS 95 en 2003, ya que en los demás casos hubo interacción significativa. La MSR resultó mayor bajo labranza convencional. Se encontraron interacciones para: labranza x cultivar en GS 69 y GS 77 en 2002 y 2003: BBR incrementó más su MSR en SD que en LC en relación a BP (Figura 5a). Para labranza x fertilización: se evidencia un mayor incremento de MSR en N 290 (Figura 5b). Para labranza x fungicida: la LC respondió mejor frente a la aplicación de fungicida (Figura 5c). Para cultivar x fertilización: BBR fue el de mayor respuesta al agregado de N (Figura 5d). Para cultivar x fungicida: BBR incrementó más su MSR con fungicida que sin fungicida en relación a BP (Figura 5e). Para fertilización x fungicida: hubo una mayor respuesta a la aplicación de fertilizante con N 290 (Figura 5f). Las figuras corresponden a GS 77, la tendencia en los otros estadios fue similar, a excepción de GS 69 en 2002 para la interacción labranza x cultivar.

Tabla 3. Medias de la materia seca aérea (MSA) bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de aplicación de fungicida, en 2002 y 2003.

	GS 69 (gm ⁻²) 2002	GS 69 (gm ⁻²) 2003	GS 77 (gm ⁻²) 2002	GS 77 (gm ⁻²) 2003	GS 95 (gm ⁻²) 2002	GS 95 (gm ⁻²) 2003
Promedio	778	694	857	759	1000	1071
Labranza (L)						
LC	831	719	909 a	837 a	1045 a	1180
SD	726	669	806 b	682 b	956 b	962
Cultivar (C)						
BP	820 a	724 a	895 a	826 a	1045 a	1148
BBR	737 b	664 b	819 b	692 b	956 b	993
Fertilización (F)						
N 130	597	430 b	617 c	465 c	694 c	793
N 210	813	779 ba	947 b	764 b	1077 b	1123
N 290	926	873 a	1007 a	1048 a	1230 a	1296
Fungicida (Fu)						
Sin fung.	727 b	675	824 b	738 b	936 b	994 b
Con fun.	830 a	713	890 a	780 a	1065 a	1148 a
Interacciones						
C x L	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**
F x L	*	Ns	Ns	Ns	Ns	**
F x C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**
Fu x L	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns
Fu x C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Fu x F	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.



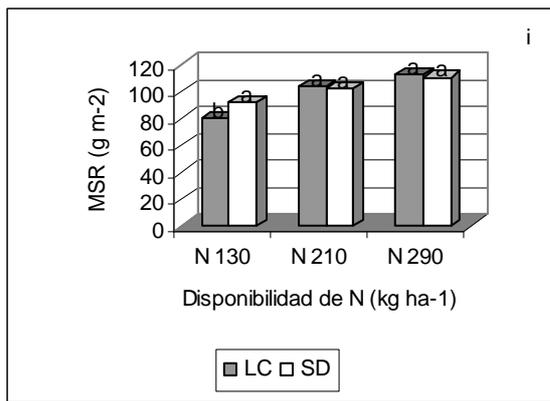


Figura 4. Materia seca radical (MSR) en GS 77, para: a) dos años: 2002 y 2003 y dos cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP) y Buck Brasil (BBR); b) dos años : 2002 y 2003 y dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD); c) dos años : 2002 y 2003 y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de fungicida: con y sin fungicida; d) dos años : 2002 y 2003 y dos tratamientos de fungicida: con y sin fungicida; e) combinando ambos años, bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de fungicida: con y sin fungicida; f) combinando ambos años bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP) y Buck Brasil (BBR); g) combinando ambos años, bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR); h) combinando ambos años, dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y dos tratamientos de fungicida: con y sin fungicida, a través de dos años; h) combinando ambos años, bajo tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD).

Tabla 4. Medias de la materia seca radical (MSR) bajo dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD), tres cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP), Buck Biguá (BB) y Buck Brasil (BBR) y tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de aplicación de fungicida, en 2002 y 2003.

	GS 69 (gm ⁻²)	GS 69 (gm ⁻²)	GS 77 (gm ⁻²)	GS 77 (gm ⁻²)	GS 95 (gm ⁻²)	GS 95 (gm ⁻²)
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Labranza (L)						
LC	164	195	183	200	116	81,4 b
Sd	164	160	184	161	108	94,3 a
Cultivar (C)						
BP	153	161	181	162	115	91,8
BBR	185	194	186	199	108	83,9
Fertilización (F)						
N 130	152	132	152	141	96,6	74,8
N 210	156	177	186	171	122	82,9
N 290	199	223	212	228	117	105
Funguicida (Fu)						
Sin fung.	169	172	182	169	112 a	88,7
Con fun.	171	183	185	191	112 a	87,1
Interacciones						
C x L	**	*	*	**	Ns	Ns
F x L	**	*	*	*	**	Ns
F x C	**	*	**	*	**	Ns
Fu x L	**	*	*	**	Ns	Ns
Fu x C	**	*	*	*	Ns	*
Fu x F	**	**	**	*	Ns	**

Dentro de cada columna los valores seguidos por diferentes letras difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$). Sólo se indican comparaciones de medias en aquellos tratamientos que no presentaron interacciones significativas. Para las interacciones: Ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

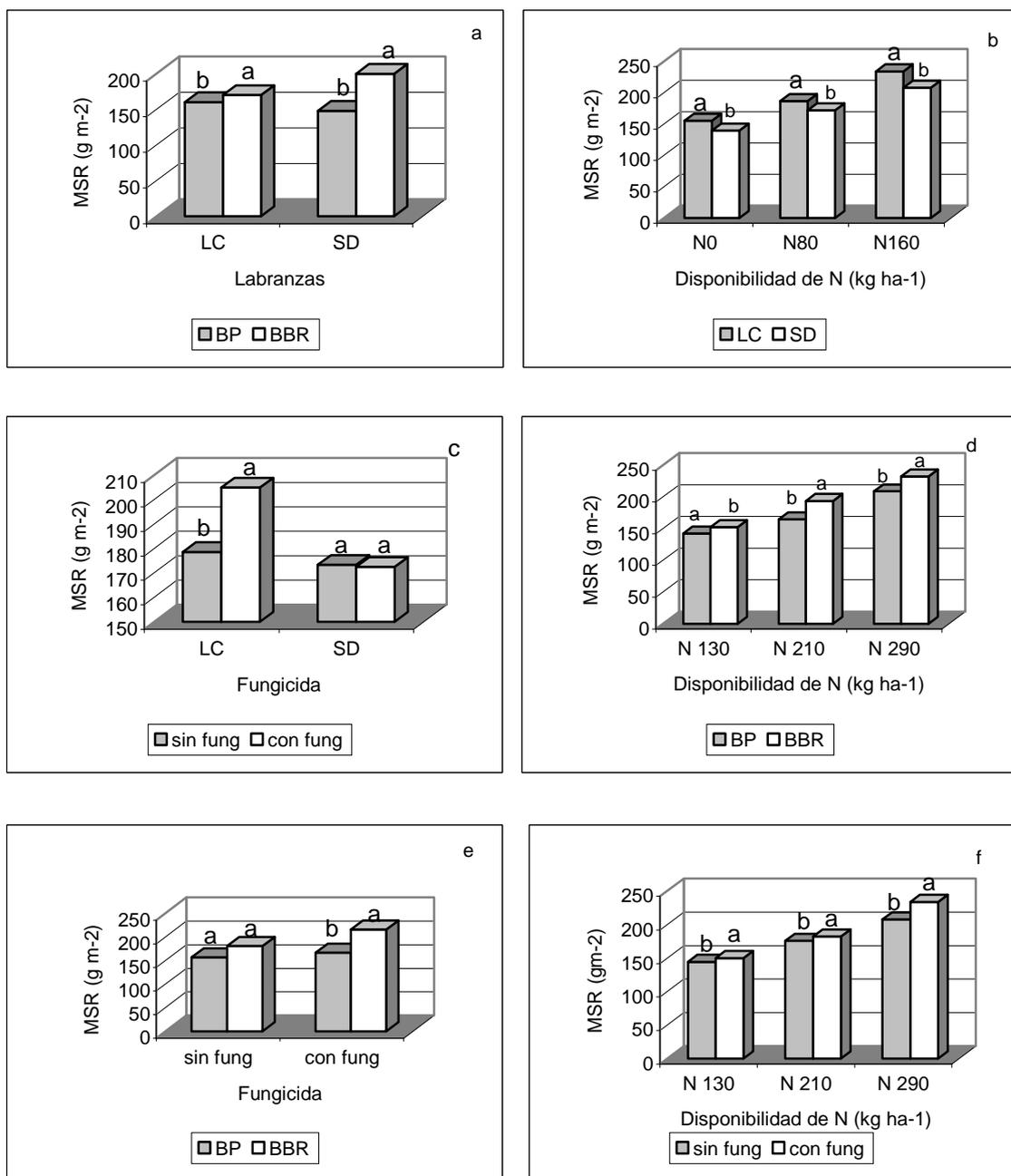


Figura 5. Materia seca radical (MSR) en GS 77 bajo: a) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y dos cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP) y Buck Brasil (BBR); b) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD); c) dos sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD) y dos tratamientos de fungicidas: con y sin fungicida; d) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N

inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP) y Buck Brasil (BBR); e) dos cultivares de trigo pan: Buck Pingo (BP) y Buck Brasil (BBR) y dos tratamientos de fungicida: con y sin fungicida; f) tres tratamientos de fertilización: N inicial disponible en el suelo, sin el agregado de fertilizante, en kg ha⁻¹ (N 130), N inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 40 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 40 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 210), N inicial inicial , en kg ha⁻¹ + el agregado de 80 kg ha⁻¹ de N a la siembra y 80 kg ha⁻¹ de N en 2-3 nudos detectables (N 290) y dos tratamientos de fungicida: con y sin fungicida.

Tabla 5. Correlaciones entre el N total, N acumulado postantesis, N en grano, proteína (P), gluten húmedo (GH), PMG, espigas m⁻², granos espiga⁻¹, rendimiento y la incidencia y severidad en GS 65, GS77 y GS 85, en 2002.

	N total	N postant	N grano	P	GH	PMG	espigas m ⁻²	granos. espiga ⁻¹	Rendimiento
Incidencia	-0,43**	-0,42 **	-0,51**	-0,60**	-0,46**	0,20 ns	0,02 ns	-0,03 ns	-0,45**
Sev GS65	-0,12ns	-0,15ns	-0,07ns	-0,02ns	0,06ns	-0,02ns	-0,09 ns	0,25 ns	0,11 ns
Sev GS77	-0,33*	-0,16ns	-0,30*	-0,37**	-0,15ns	0,09ns	0,21ns	0,09ns	0,25ns
Sev GS85	-0,29 *	-0,07 ns	-0,31 *	-0,23 ns	-0,22ns	-0,15 ns	0,01 ns	0,25 ns	0,11 ns

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 6. Correlaciones entre la materia seca aérea (MSA), la materia seca radical (MSR) y la actividad específica (SAR) en diferentes estados de crecimiento y la incidencia y severidad en GS 65, GS 69 y GS85, en 2002.

	MSA GS 65	MSA GS 69	MSA GS 77	MSA GS 95	MSR GS 65	MSR GS 85	MSR GS 95	SAR GS69	SAR GS77	SAR GS85	SAR GS95
Incidencia	-0,25ns	-0,08ns	-0,35*	-0,32*	-0,38*	-0,25*	-0,30*	0,02ns	-0,11ns	0,11ns	-0,08ns
Sev GS65	0,18ns	0,05ns	-0,08ns	-0,14ns	0,21ns	0,05ns	0,06ns	-0,29 ns	-0,03 ns	0,26 ns	-0,27 ns
Sev GS77	0,01n	0,07ns	-0,18ns	-0,12ns	-0,16ns	-0,04ns	-0,10ns	0,00ns	-0,08ns	-0,02ns	0,06ns
Sev GS85	0,06 ns	0,05 ns	-0,27 ns	-0,21 ns	-0,02ns	-0,04ns	-0,10ns	-0,12 ns	-0,09 ns	0,24 ns	-0,17 ns

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Tabla 7. Correlaciones entre el N total, N acumulado postantesis, N en grano, proteína (P), gluten húmedo (GH), PMG, espigas m⁻², granos espiga⁻¹, rendimiento y la incidencia y severidad en GS 65, GS77 y GS 85, en 2003.

	N total	N postant	N grano	P	GH	PMG	espigas m ⁻²	granos. espiga ⁻¹	Rendimiento
Incidencia	-0,40 **	-0,29 *	-0,39 **	-0,49 **	-0,35 **	-0,20 ns	-0,22 ns	-0,38 **	-0,36 **
Sev GS65	-0,41 **	-0,28 *	-0,43 **	-0,34 *	-0,35 **	-0,28 *	-0,02 ns	-0,66 **	-0,24 ns
Sev GS77	-0,49 **	-0,27 *	-0,50 **	-0,45 **	-0,42 **	-0,19 ns	-0,23 ns	-0,43 **	-0,42 **
Sev GS85	-0,60 **	-0,20 ns	-0,56 **	-0,64 **	-0,66 **	-0,29 *	-0,46 **	-0,48 **	-0,61 **

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente

Tabla 8. Correlaciones entre la materia seca aérea (MSA), la materia seca radical (MSR) y la actividad específica (SAR) en diferentes estados de crecimiento y la incidencia y severidad en GS 65, GS 69 y GS85, en 2003.

	MSA GS 65	MSA GS 69	MSA GS 77	MSA GS 95	MSR GS 65	MSR GS 85	MSR GS 95	SAR GS69	SAR GS77	SAR GS85	SAR GS95
Incidencia	-0,28 *	-0,22 ns	-0,38 **		-0,35 **	-0,35 **	-0,16 ns	-0,07 ns	-0,18 ns	0,04 ns	-0,24 ns
Sev GS65	-0,29 *	-0,30 *	-0,31 *	-0,36 **	-0,29 *	-0,30 *	-0,35 **	-0,01 ns	0,01 ns	0,07 ns	-0,34 *
Sev GS77	-0,48 **	-0,34 *	-0,43 **	-0,48 **	-0,35 **	-0,27*	-0,25 ns	0,21 ns	-0,21 ns	0,20 ns	-0,40 **
Sev GS85	-0,63 **	-0,62 **	-0,64 **	-0,58 **	-0,51 **	-0,35 **	-0,35 **	-0,04 ns	-0,04 ns	0,07 ns	-0,29 *

ns No-significativo. * y ** Significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente

Discusión y conclusiones:

Los resultados de estos ensayos demuestran la mayor intensidad de las enfermedades foliares (en su mayor porcentaje mancha amarilla) en siembra directa. Kohli *et al.* (1992), encontraron resultados similares. Fernández *et al.* (1998) no encontraron diferencias entre sistemas de labranzas debido a una reducción de pseudoteccios en siembra directa probablemente originada por la aplicación de glifosato.

La fertilización nitrogenada produjo que la severidad de la MA fuera reducida por esta práctica durante los dos años en todos los estadios evaluados. Similar situación fue observada por otros investigadores tales como Johnston *et al.*(1979), Huber *et al.* (1987), Simón *et al.* (2004), Annone *et al.* (2004b), coincidiendo en el efecto supresivo que tiene el nitrógeno sobre esta enfermedad. La causa de la disminución podría deberse a que el cultivo con altas dosis de nitrógeno se mantiene verde y saludable por más tiempo que uno con limitada disponibilidad, en el cual la severidad avanza velozmente y el cultivo senesce en un período más corto de tiempo. Indirectamente el retraso de la senescencia de las hojas contribuye en una menor dispersión del inóculo secundario debido a que el canopeo presenta un follaje más denso. Bockus y Davis (1992) no encontraron reducciones en la severidad con fertilización nitrogenada atribuido al tipo de fertilizante aplicado y a una baja tasa de mineralización de los suelos. Por otra parte la MA es causada por un patógeno necrotrofico, a diferencia de la MH que es causada por un patógeno hemibiótrofo que se alimenta de tejido vivo en un período inicial asintóticamente. Esto también es un factor que conduce a diferencias entre los dos patógenos en su respuesta al agregado de fertilizante nitrogenado. Cuando el patógeno predominante es *S. Tritici* el fertilizante N produce un mayor vigor en los tejidos que la MH necesita en sus etapas iniciales. Asimismo la fertilización N al aumentar el vigor del canopeo

incrementa la humedad existente en el mismo y el agente causal de la MH es más dependiente de la humedad para su expresión que el agente causal de la MA (Fernández *et al.*, 1998).

En el caso de la RH, que es producida por un patógeno biotrófo, existe una respuesta lineal y positiva de la misma al incrementar el contenido de nitrógeno (Daniel & Parlevliet, 1995).

En 2003 la severidad causada por manchas foliares fue mayor que en el 2002. Este aumento en la severidad puede haberse originado por el aumento en el inóculo presente tras el monocultivo. Las correlaciones negativas de la incidencia y/o severidad con la MSA, MSR, N en planta, rendimiento y calidad podrían estar asociadas a la disminución que las mismas provocan sobre el área fotosintéticamente activa tal lo analizado por Olesen *et al.*, 2003.

Asimismo las aplicaciones con fungicidas en GS 21 y GS 32 redujeron la severidad de las manchas foliares en más del 30 %. El fungicida en GS 21 +GS 32 causó incrementos en espigas m⁻², PMG y rendimiento en 2002 y en peso de mil granos y rendimiento en 2003. La mayor severidad en 2003 puede haber afectado el número de granos espiga⁻¹ que resultó menor que el el 2002. Gooding *et al.* (2007), encontraron que la aplicación de fungicida al comienzo de la elongación del tallo, redujo el nivel de las enfermedades, demorando la senescencia de la hoja bandera y consistentemente ello produjo un incremento del rendimiento en granos y del peso de los mismos. Respecto al efecto de la aplicación de fungicida sobre la concentración de N en el grano (proteína) resultó más ambiguo, ya que éste se encuentra altamente modificado por el ambiente y el cultivar considerado (Gregory *et al.*, 2004). Dimmock and Gooding (2002) and Gooding *et al.* (2007), hallaron que si bien con la aplicación de fungicida puede ocurrir una disminución de la concentración de proteína en el grano, especialmente cuando la enfermedad presente es la MH, ese efecto es mucho menor que el efecto positivo sobre el rendimiento en grano que su aplicación provoca y que además ese efecto negativo puede ser superado con la aplicación de urea foliar en antesis.

La aplicación de fungicida provocó una mayor producción de MSA que de MSR, lo que indica que la materia seca aérea resultó más sensible que la radical frente a este tipo de patógenos, por lo tanto en las plantas enfermas (sin fungicida) la relación MSR/MSA resultó mayor que en las plantas sanas (con fungicida).

En el análisis combinado para ambos años de la MSA, la interacción del fertilizante con el fungicida, nos indica que si bien la MSA se incrementó con el agregado de fungicida, el efecto del fertilizante nitrogenado fue mayor, ya que la MSA producida resultó mayor en los tratamientos con el agregado de N, independientemente del tratamiento con fungicida comparados con el tratamiento sin el agregado de N con o sin fungicida. Esto coincidiría con lo hallado por Carretero *et al.* (2006), donde el mayor índice de aérea foliar permitiría la

acumulación de mayor radiación fotosintéticamente activa. Esta misma interacción se halló para el análisis combinado para ambos años y el individual de la MSR, donde la tendencia observada fue la misma que para la MSA.

CAPITULO 7:

DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

Materia seca aérea y radical:

La materia seca aérea como la radical resultaron mayores bajo la labranza convencional y en los tratamientos con aplicación de N. La siembra directa provocó una menor producción y longitud de raíces en relación a la labranza convencional, con una mayor concentración, tanto en el surco como en el entresurco, en los dos estratos superiores.

Entre los cultivares, BBR presentó menor materia seca aérea que BP y BB, en la mayoría de los estados de crecimiento analizados. Su interacción con los sistemas de labranza, es lo que mejor explica el comportamiento de la MSR en los mismos. BB fue el que presentó menor MSR bajo SD. BBR fue el de mayor MSR en SD y el de mayor respuesta frente al agregado de N. BP mostró un comportamiento intermedio. La respuesta a la fertilización resultó mayor, comparativamente, para la materia seca aérea que para la radical, lo que se puso de manifiesto en la relación MSR/MSA que disminuyó con el agregado de fertilizante. A su vez, la relación MSR/MSA, en la mayoría de los estadios, fue mayor bajo SD que en LC y para BBR que para BB y BP.

Mientras que la materia seca aérea se incrementó paulatinamente para cada estado fenológico considerado, la materia seca radical presentó un comportamiento diferente, logrando su mayor producción en GS 65, para luego disminuir durante GS 69 (tal vez asociado con la asignación de recursos), mostrar un aumento durante GS 77 y en GS 85, para decaer a su menor valor en GS 95, tanto en los ensayos a campo como en el ensayo en contenedores (Capítulo 3).

Acumulación de N y su removilización y absorción postantesis:

Se encontró una alta asociación entre el N acumulado y la MSA para los dos años analizados, que a su vez, resultó modificada por los sistemas de labranza, coincidiendo con resultados anteriores (Sarandón *et al.*, 1997) y sugiere que la menor acumulación de MSA en SD (Capítulo 3) podría relacionarse con impedimentos en la acumulación de N bajo este sistema de labranza. Entre estos la mayor resistencia mecánica del suelo en SD (Ferrerías *et al.*, 2001), que coincide con la mayor densidad del suelo y la resistencia a la penetración encontrada en este ensayo por Golik *et al.* (2004) y con el menor desarrollo radicular en SD respecto al desarrollo en LC (Sarandón *et al.*, 1997). La mayor acumulación de N bajo la

labranza convencional se tradujo en un mayor aporte de N al grano. La siembra directa si bien no presentó diferencias con la labranza convencional en el N absorbido postantesis, sí lo hizo en el acumulado preantesis. Esto podría estar asociado a la menor disponibilidad temprana de dicho nutriente bajo el sistema no convencional de laboreo. El aporte del N removilizado hacia la espiga del acumulado en los tejidos vegetativos previo a la antesis y del acumulado postantesis se incrementó con el agregado de fertilizante, tanto en 2002 como en 2003.

Los cultivares tuvieron un comportamiento diferencial frente a los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización, en lo relacionado con la acumulación y partición del N. BB fue el que mejor respondió frente a la labranza conservacionista y a la aplicación de dosis creciente de N. BP y BBR se vieron perjudicados en condiciones de SD, indicando una menor adaptación de los mismos respecto a BB a dichas condiciones (Capítulo 4)

Actividad radical:

Si bien con el agregado de N la MSR mejoró su producción, en términos generales, disminuyó desde antesis hacia madurez (Capítulo 3). Sin embargo, su SARn no sólo se mantuvo relativamente constante sino que incluso aumentó durante la última etapa analizada (GS 95), lo que sugiere que el N acumulado en el grano por el cultivo no sólo proviene del N removilizado sino también del absorbido postantesis. Esto coincide con lo sugerido por Osaki *et al.* (1997) y Ruiz (2001) y queda corroborado por la correlación positiva hallada entre la SARn y el N absorbido postantesis, indicando que la actividad radical es un proceso que puede mantenerse durante estados avanzados del cultivo bajo buenas condiciones de fertilidad del suelo. La SARn resultó mayor, en términos generales, bajo SD. Esto tuvo una alta relación con la menor producción de MSR lograda bajo la labranza conservacionista, en dichos estados fenológicos. En general la SARn resultó mayor con el agregado de fertilizante. Para los cultivares, BB fue el que presentó mayor actividad específica bajo SD, asociado a su mayor acumulación de N y a su menor MSR bajo este sistema conservacionista de labranza. Asimismo fue el que presentó mejor respuesta frente a la aplicación de dosis crecientes de fertilizante. BBR resultó el cultivar más afectado en cuanto a su actividad específica bajo SD. BP mostró una interacción intermedio. No hubo interacción para los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización.

Durante el llenado de granos la MSR no mostró relación con la tasa de absorción de N, pero sí lo hizo su SARn. Esto coincide con lo hallado por Shinano *et al.* (1994), que

consideran que la tasa de absorción de N esta relacionada con SARn y con la tasa de crecimiento del cultivo y no con la MSR y por Osaki *et al.* (1995), quienes consideran que la tasa de acumulación de N en trigo se encuentra estrechamente relacionada con SARn, mientras que la MSR permanece constante o decrece con el tiempo (Capitulo 4).

El hecho de que la MSR disminuyera durante el periodo de llenado de granos y su actividad específica se mantuviera e incluso mejorara, indicaría que no necesariamente la mayor absorción de N postantesis estaría asociado con el mantenimiento de un sistema radical grande como han indicado otros investigadores (Ehdaie & Wains.,2006; Gregory *et al.*, 2004), si no con un sistema radical eficiente.

Rendimiento y calidad:

Los sistemas de labranza presentaron diferencias significativas para estos dos parámetros. El menor rendimiento logrado bajo siembra directa frente al alcanzado con la labranza convencional en la presente tesis en la que el cultivo no tuvo restricciones hídricas, sino que por el contrario, dispuso de abundante humedad en las etapas críticas, pudo estar asociado a la menor disponibilidad de N debido a problemas de inmovilización y volatilización del N y al menor crecimiento y capacidad de exploración radical por aumento de la compactación que presenta este tipo de labranza (Falotico *et al.*, 1999). A su vez, asumiendo que el contenido proteico del grano es influenciado por el cultivar, la disponibilidad de N y las condiciones de humedad y temperatura durante el crecimiento del cultivo (Tanoni *et al.*, 1998), el contenido de proteínas significativamente menor producido en la siembra directa obedecería a una menor disponibilidad de nitrógeno en este sistema. Golik *et al.*, 2001 encontraron que el porcentaje de proteína y el porcentaje de gluten fueron afectados por los sistemas de labranza, evidenciando la siembra directa menores valores que la labranza convencional, sin que la dosis de N aplicada pudiera compensar dichas disminuciones.

En este trabajo se ha encontrado correlación positiva entre el rendimiento y el contenido de proteína. En el caso de los cereales, cuando la disponibilidad de N es menor a la requerida para maximizar el rendimiento en grano, existe una respuesta asintótica al agregado de fertilizante, es decir, el aumento de rendimiento es proporcionalmente menor a medida que aumenta la dosis de fertilizante.

Por lo tanto manejando el N absorbido por el cultivo la típica relación inversa entre rendimiento y proteína puede modificarse. Altos porcentajes proteicos elevan los requerimientos de N. Así existe una situación de compromiso entre alta eficiencia de

utilización del N (bajos requerimientos) vs. alta concentración de N en grano. La solución de esta situación de compromiso escapa al ámbito de la fisiología (Abate & Andrade, 2005).

Si bien se han encontrado diferencias de absorción de N y P entre cultivares de trigo (Le Gouis *et al.*, 2000), el principal efecto del mejoramiento genético de los cultivos fue aumentar la eficiencia de utilización del N a través de un mayor índice de cosecha (Ortiz-Monasterio *et al.*, 1997; Le Gouis *et al.*, 2000). A igual cantidad de N absorbido, es de esperar que cultivares con mayor eficiencia en la utilización del N produzcan un mayor rendimiento, pero con grano de menor porcentaje de proteína (Abbate & Andrade, 2005).

En lo que respecta a los cultivares utilizados en este ensayo, BBR y BB pertenecen al Grupo 1 y BP está incluido en el Grupo 2 de calidad. Las diferencias encontradas en los parámetros industriales responden a características propias de su aptitud genética para expresar estos índices.

Para todos los estados analizados la MSR, estuvo positivamente relacionada tanto con los componentes de la calidad (gluten húmedo y proteína) como con el rendimiento. La SAR sólo presentó correlación positiva con el N en grano, N acumulado postantesis, N total y la MSA en madurez y el rendimiento. La correlación de la SAR con el rendimiento y el N en grano (y éste a su vez con las proteínas y el gluten), indica la importancia de la absorción de N en postfloración tanto para calidad como para rendimiento. Debido a que las raíces mantienen su actividad hasta el momento de madurez fisiológica (Capítulo 4), es esperable que una mayor oferta de N redunde en una mayor absorción del mismo y produzca mayor MSA, rendimiento y calidad (Capítulo 5).

Sanidad:

Los resultados de esta tesis demuestran la mayor intensidad de las enfermedades foliares (en su mayor porcentaje mancha amarilla) en siembra directa. Kohli *et al.*, 1992, encontraron resultados similares. La fertilización nitrogenada redujo la intensidad de la mancha amarilla. No se encontró interacción de la labranza con la fertilización, si bien en ensayos previos se ha determinado que distintos cultivares presentan diferentes reducciones de la severidad e incidencia de *D. tritici repentis* por efecto de la fertilización nitrogenada y que estas reducciones suelen ser menores en labranza convencional que en siembra directa. Similares resultados han sido encontrados en otros ensayos (Huber *et al.*, 1987; Simón *et al.*, 2001). Asimismo las aplicaciones con fungicidas en GS 21 y GS 32 redujeron la severidad de las manchas foliares en más del 30 %. BB resultó en general el cultivar de mejor comportamiento a través de los estadios. Los cultivares de trigo presentan diferentes comportamientos frente a

la incidencia de las enfermedades. Algunas hipótesis han señalado que en los cultivares tolerantes el área verde remanente realiza una mayor fotosíntesis y compensa el área necrótica (Zuckerman & Eyal, 1997). El tamaño de las hojas o el contenido de N en las mismas podría también relacionarse con este mecanismo. Cultivares que tienen diferencias en materia seca, podrían presentar diferentes niveles de tolerancia.

A diferencia de lo hallado en los capítulos anteriores de la tesis, en los cuales se trabajó en los ensayos con fungicida, las plantas enfermas presentaron menor MSA, para la mayoría de los estados fenológicos analizados, que de MSR lo que indica que la materia seca aérea resultó más sensible que la radical frente a este tipo de patógenos. Por lo tanto en las plantas enfermas (sin fungicida) la relación MSR/MSA resultó mayor que en las plantas sanas (con fungicida) (Capítulo 3). En las plantas enfermas el rendimiento resultó menor que en los ensayos con fungicida, a través de un menor número de espigas m^{-2} , PMG en 2002 y de PMG en 2003 (Capítulo 5).

La incidencia y la severidad presentaron correlación negativa con la MSA y la MSR, con el N acumulado postantesis, N total acumulado, N en grano, proteína, gluten y rendimiento. Estas correlaciones negativas de la incidencia y/o severidad se encontrarían asociadas a la menor duración y disminución que las mismas provocan sobre el área fotosintéticamente activa (Gooding, 2006; Carretero et al., 2006) (Capítulo 6).

Aporte original al tema:

El presente estudio nos permitió realizar la caracterización de genotipos con un comportamiento diferente en cuanto a la producción de MSA, MSR, actividad radical, acumulación, removilización y absorción de N, bajo dos sistemas de labranzas y tres tratamientos de fertilización nitrogenada. Esto puede constituir una herramienta de utilidad en el mejoramiento genético o en la aplicación de técnicas agronómicas que permitan dar respuesta a problemas que se presentan regularmente e inciden en la productividad de los cultivos. Dichos inconvenientes están referidos fundamentalmente a deficiencias de nutrientes, sequías transitorias y adversidades bióticas, especialmente enfermedades fungáceas, que afectan el rendimiento y la calidad de los cereales en nuestro país.

Contribución al avance del conocimiento científico y / o tecnológico:

El crecimiento y actividad de las raíces y tallos se encuentra mutuamente regulada durante todo el ciclo del cultivo. Entre las alternativas para el mejoramiento genético del rendimiento potencial se encuentra el incremento en la producción de biomasa total, siendo la fotosíntesis foliar la base de producción de biomasa. Atributos que confieren mayor tasa fotosintética a las hojas, podrían mejorar la eficiencia de uso de la radiación del canopeo. Asimismo la EUR (eficiencia en el uso de la radiación) tiene una relación directa y curvilínea con el contenido foliar de N y con la tasa fotosintética. Sin embargo, para alcanzar un alto rendimiento, no sólo la asimilación de carbono, sino también la asimilación de N debe ser considerado. En el presente trabajo, tal como se había hipotetizado, a pesar, de que bajo condiciones de campo, el crecimiento y la densidad radicales disminuyeron durante el llenado de grano, su actividad en cuanto a la absorción de nutrientes se mantuvo en forma activa hasta el cese de la fotosíntesis y resultó modificada por los sistemas de labranza, los tratamientos de fertilización y los cultivares.

En nuestro trabajo, coincidiendo con Newhouse *et al.*, 1987 y con Atwell, 1990, los distintos tipos de labranza, generaron condiciones diferentes para los sistemas radicales de los cultivares utilizados, que resultaron afectados tanto en su constitución como en su funcionamiento. No presentaron diferencias en el rendimiento, ni en el N total acumulado, pero sí lo hicieron en los parámetros de calidad y en su comportamiento frente a manchas foliares.

CONCLUSIONES

Los cultivares presentan un comportamiento diferente, tanto en la producción de MSA como de MSR y su distribución en el perfil, según el sistema de labranza considerado.

Buck Biguá (BB) presenta menor MSR bajo SD. Buck Brasil (BBR) es el de mayor MSR en SD y el de mayor respuesta frente al agregado de N. Buck Pingo (BP) presenta un comportamiento intermedio. BB y BP evidencian en general mayor materia seca aérea que BBR, por lo cual su relación MSR/MSA tiende a ser menor que para este último cultivar.

La MSA se incrementa en los tres cultivares paulatinamente para cada estado fenológico considerado, la MSR presenta un comportamiento diferente. Si bien con el agregado de N la MSR mejora su producción, decae desde antesis hacia madurez.

Durante el llenado de granos la MSR no muestra relación con la tasa de absorción de N, pero si su SARn.

La SARn no sólo se mantiene relativamente constante sino que incluso aumenta durante la última etapa analizada (GS 95). Resulta mayor bajo siembra directa, con el agregado de fertilizante.

Para la interacción labranza x cultivar: BB presenta mayor SARn bajo SD relacionado con su menor MSR bajo este sistema de labranza, BP y BBR presentan mayor SARn bajo LC en ambos años.

Para todos los estados analizados la MSR, está positivamente relacionada tanto con los componentes de la calidad (gluten húmedo y proteína) como con el rendimiento, asociado a su absorción de N hasta estados avanzados del cultivo.

La correlación de la SARn con el rendimiento y el N en grano (y éste a su vez con las proteínas y el gluten), indica la importancia de la absorción de N en postfloración tanto para calidad como para rendimiento.

Las correlaciones negativas de la incidencia y/o severidad con la MSA, MSR, N en planta, rendimiento y calidad pueden estar asociadas a la disminución que las mismas provocan sobre el área fotosintéticamente activa ya que su control con fungicida permitió mayor producción de MSA y de MSR.

Para la MSA, la interacción del fertilizante con el fungicida, nos indica que si bien la MSA se incrementa con el agregado de fungicida, el efecto del fertilizante nitrogenado es mayor, ya que la MSA producida es mayor en los tratamientos con el agregado de N, con o sin fungicida comparados con el tratamiento sin el agregado de N con o sin fungicida.

La misma interacción (fertilizante x fungicida) está presente, en menor proporción, para el análisis combinado para ambos años y el individual de la MSR, donde la tendencia observada es la misma que para la MSA.

La relación MSR/MSA en las plantas enfermas (sin fungicida) resultó mayor que en las plantas sanas (con fungicida).

BIBLIOGRAFIA

- Abbate P. E., Andrade F.H. 2005. Los nutrientes del suelo y la determinación del rendimiento de los cultivos de granos. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos Editores H E Echeverría y FO García, capítulo 3 : 43-65.
- Abdellaoui A., Larhnm A., Talouizte A. 2001. Nitrate accumulation, adsorption and assimilation in different varieties of Moroccan tender wheat. Canadian Journal of Botany- Revue Canadienne de Botanique,77: 1485-1489.
- Alvarez R., Steinbach H.S., Alvarez C.R., Grigera S. Recomendaciones para la fertilización nitrogenada de trigo y maíz en la Pampa Ondulada. Informaciones agrómicas del cono sur N° 26 (INPOFOS): 14-19.
- Annone J.G. 2003. Criterios empleados para la toma de decisiones en el uso de fungicidas en trigo. En: manejo Integrado de Enfermedades en cultivos extensivos. Jornadas Técnicas organizadas por mejorcontrol.com.ar 16 y 17 de Septiembre. Cap. Fed: 40-43.
- Arora A., Mohan J. 2001. Expression of dwarfing genes under nitrogen and moisture stress in wheat (*Triticum spp*): dry matter partitioning, root growth and leaf nitrogen. Journal of Agronomy and Crop Science-Zeitschrift Fur Acker und pflanzenbau, 186: 111-118.
- Asborn M.D., Chidichimo H.O. 1999. Corn root growth: Behavior of several varieties in response of soil compaction and different water supply. XVI International Botanical Congress. St. Louis, Missouri. Editado en CD.
- Austin R.B., Edrich J.A., Ford M.A., Blackwell R.D. 1976. Report of the Plant Breeding Institute, Cambridge for 1975: 140-141.
- Balbuena R.H., Aragón A., Mac Donagh P.M., Claverie J.A., Terminiello A.M. 1996. Evolución de la resistencia a la penetración y la densidad aparente en tres sistemas de labranza. IV Congreso Argentino y II Internacional de Ingeniería Rural, Neuquen, Argentina, Octubre: 197-202.
- Barber S.A. 1971. Effect of tillage practice on corn (*Zea mays* L.), root distribution and morphology. Agronomy Journal 63: 724-726.
- Barraclough P.B., Leigh R.A. 1984. The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root growth of high yielding crops. Journal of Agricultural Science, Cambridge 103: 59-74.
- Barraclough P.B. 1986. The growth and activity of winter wheat roots in the field : Nutrient uptakes of high yielding crops. J. Agric. Science, Cambridge 106: 45-52.

- Barraclough P.B. 1986b. The growth and activity of winter wheat roots in the field : Nutrient inflows of high yielding crops. *J. Agric. Science, Cambridge* 106: 53-59.
- Barraclough P.B. 1989. Root growth, macro-nutrient uptake dynamics and soil fertility requirements of high-yielding winter oilseed rape crop. *Plant and Soil* 119: 59-70.
- Bergh R, García F, Ferrari J, Rizzalli R. 1996. Dinámica del nitrógeno, crecimiento y rendimiento de trigo bajo siembra directa y labranza convencional. *Actas del XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 19-24 de mayo de 1996, Santa Rosa, La Pampa, Argentina*: 41-42.
- Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth regulation* 20: 135-148.
- Bockus W.W., Davis M.A. 1992. Effect of nitrogen fertilizers on severity of tan spot of winter wheat. North Dakota State University, Fargo. *In* L. J. Francl, J.M. Krupinsky and M.P. McMullen (eds) *Advances in Tan Spot Research. Proc. of the Second International Tan Spot Workshop*: 68-72.
- Bradford K.J., Hsiao T.C. 1982. Physiological responses to moderate water stress. *In* *Encyclopedia of Plant Physiology. Vol.12B, New Series. Eds. OL Lange PS Nobel, CB Osmond & H Zeigler*: 264-323. Springer – Verlag, Berlin.
- Brouwer R. 1963. Some aspects of equilibrium between overground and underground plant parts. *Jaarboek IBS, Wageningen*: 31-39.
- Bushamuka V.N., Zobel R.W. 1998. Differential genotypic and root type penetration of compacted soil layers. *Crop Science* 38: 776-781.
- Campaña L, Sempé M. 1984. Trigo: Influencia Genética y Ambiental sobre el rendimiento y el contenido proteico. *Revista Facultad de Agronomía. (La Plata)*. 60: 79-89.
- Campbell C.A., Davidson H.R., McCaig T.N. 1983. Disposition of nitrogen and soluble sugars in Manitou spring wheat as influenced by N fertilizer, temperature and duration and stage of moisture stress. *Can. J. Plant sci.* 63: 73-90.
- Carmona M. 2003. Daños y pérdidas causadas por enfermedades. Importancia del manejo integrado. Ubicación estratégica de fungicidas foliares. Manejo integrado de enfermedades en cultivos extensivos. 16-17 septiembre 2003, Sala de Conferencias Pabellón Rojo La Rural.
- Carrasco N, Molfese E.R., Seghezzi M.L. 2004, Panorama regional de calidad de trigo. *Actas VI Congreso nacional de trigo. Bahía Blanca*: 289-290.

- Carretero R., Serrago R.A., Bancal M.O., Miralles D.J. 2006. Impacto de las enfermedades sobre los atributos ecofisiológicos del cultivo. En: Congreso A Todo trigo. 13 y 14 de Mayo 2006. Mar del Plata. Argentina: 157-160.
- Chidichimo H.O., Asbornio M.D. 1999. Corn root growth: Its relation with aerial biomass versus different soil temperatures. XVI International Botanical Congress. St. Louis, Missouri. Editado en CD.
- Chidichimo H.O., Asbornio M.D. 1992. Influencia de los sistemas de labranza sobre el rendimiento, biomasa y algunas características del sistema en genotipos de maíz. Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata. U.N.L.P. 68: 65-70.
- Chidichimo H.O., Asbornio M.D. 2000. Influencia de la humedad y la temperatura del suelo sobre el crecimiento del trigo en dos sistemas de labranza. Revista Brasileira de Agrometeorología 8.
- Chidichimo H.O., Sempé M.E., Acciaresi H.A., Cardós M., Campodónico A. 1998. “Efecto de la fertilización y otras prácticas agrícolas sobre el rendimiento y la calidad del trigo”. IV Congreso Nacional de Trigo II Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Mar del Plata. Nov. 5-04
- Cox M.C., Qualset C.O., Rains D.W. 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. Crop Sci. 25: 435-440.
- Cuniberti M., Bainotti C., Fraschina J., Salines J., Alberione E., Riberi L., Galich A., Galich M.T., Formica M.B. 2004. Calidad de cultivares de trigo evaluados en ensayos con control químico de enfermedades foliares. Actualización 2004. Informe para Extensión N° 85, EEA Marcos Juárez-INTA.
- Dalling M.J. 1985. The physiological basis of nitrogen redistribution during grain filling in cereals. In : Harper JE, Schrader LE, Howell HW (Eds), Exploitation of Physiological and genetic variability to enhance crop productivity. American Society of Plant physiology, rockville, MD: 55-71.
- Delogu G., Cattivelli L., Pecchioni N., De Falcis D., Maggiore T., Stanca A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9: 11-20.
- Dimmock J.P.R.E., Gooding M.J. 2002. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: a review. The journal of Agricultural Science, 138: 349-366.

- Echeverría H., Barbieri P., Sainz Rozas, Covacevich F. 2005. Fertilización nitrogenada y métodos de diagnóstico de requerimiento de nitrógeno en trigo. *Informaciones agrómicas del cono sur* N° 26 (INPOFOS): 8-15.
- Egle K., Manske G., Romer W., Vlek P.L.G. 1999. Improved phosphorus efficiency of three new wheat genotypes from CIMMYT in comparison with an older Mexican variety. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science- Zeitschrift Fur pflanzenernahrung und Bodenkunde*. 162: 353- 358.
- Ehdaie B., Waines J.G. 2006. Larger root system increases water-nitrogen uptake and grain yield in bread wheat. *The 11th International Wheat Genetics Symposium proceedings ...*, 2008 - ses.library.usyd.edu.au.
- Eshel A., Waisel Y. 1973. Variations in uptake of sodium and rubidium along barley roots. *Physiol. Plant*. 28: 557-560.
- Falótico J., Studdert G.A., Echeverría H.E. 1999. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional en condiciones de agricultura continua. *Ciencia del Suelo* 17: 9 – 20.
- Fernandez M.R, McConkey B.G., Zentner R.P. 1998. Tillage and summerfallow effects on leaf spot diseases of wheat in the semiarid Canadian Prairies. *Canadian Journal of Plant Pathology* 20: 376-379.
- Ferreras L.A., Costa J.L., Rizalli R.H., García F.O. 1996. Propiedades físicas del suelo bajo labranza convencional y siembra directa en el sudeste bonaerense. *XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Santa Rosa, La Pampa, Argentina, 19 al 24 de Mayo*: 17-18.
- Finnan J.M., Burke J.I., Jones M.B. 1997. A note on a non-destructive method of chlorophyll determination in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Irish J. Agric. Food Res*. 36: 85-89.
- Formento N., Burne Z. 2001. Aplicación temprana y eficiencia de fungicidas en el control de enfermedades foliares en trigo. *V Congreso Nacional de Trigo, III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. 25 al 28 de Septiembre, Villa Carlos Paz, Córdoba*.
- Frederick J.R., Bauer P.J. 1999. Physiological and Numerical Components of Wheat Yield. *Wheat. Ecology and Physiology of Yield Determination*. Editors: Emilio H. Satorre, Gustavo A. Slafer. 1990. Chapter 3: 45-65.

- Gahoonia T.S., Nielsen N.E., Lyshede O.B. 1999. Phosphorus (P) acquisition of cereal cultivars in the field at three levels of P fertilization. *Plant and Soil*, 211: 269- 281.
- García R., Annone J., Mustafa G., Panziraghy N., Paez A. 1998. Efecto de la época de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del trigo. *Actas del IV Congreso Nacional de Trigo, Mar del Plata, 11 al 13 de Noviembre: 3-26.*
- García F., Fabrizzi K., Rodriguez J., Costa J. 1998. Sistemas de labranza y fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste de Buenos Aires. *Actas del IV Congreso Nacional de Trigo, Mar del Plata, 11 al 13 de Noviembre: 3-25.*
- Gersani M., Sachs T. 1992. Development correlations between roots in heterogeneous environments. *Plant Cell Environ.* 15: 463-469.
- Golik S.I., Zanelli J.I., Oliveira A., Chidichimo H.O. 2004. Biomasa y removilización y absorción de N en trigo en postantesis. *Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Puerto Madryn, 12-16 de Abril: 90.*
- Golik S.I., Sarandón S.J., Chidichimo H.O. 1998. Efectos de la labranza y de la fertilización nitrogenada sobre el % de proteína, gluten y panza blanca, en dos cultivares de trigo pan". *IV Congreso Nacional de Trigo y II Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño Invernal. Mar del Plata, 11, 12 y 13 de Noviembre de 1998: 5-06.*
- Golik S.I., Sarandón S.J., Chidichimo H.O. 2001. Modificaciones en el % de proteína, gluten y granos panza blanca en trigo pan (*Triticum aestivum* L.) por efecto de la aplicación de nitrógeno bajo tres sistemas de labranza. *Revista Agro-Ciencia, Universidad de Concepción, Chile, Vol N° 17: 87-92.*
- Golik. S.I., Chidichimo H.O. 2002. Producción y distribución radical bajo dos sistemas de labranza y nutrición nitrogenada. *Resúmenes en Actas y Trabajo en CD, XVIII.*
- González Montaner J., Di Nápoli M. 1998. Fertilización nitrogenada en trigo. Interacción con estados físicos del suelo y condiciones climáticas en el sur de la provincia de Santa Fe. *Actas del IV Congreso Nacional de Trigo, Mar del Plata, 11 al 13 de Noviembre: 3-27.*
- Gooding M.J., Gregory P.J., Ford K.E., Ruske R.E. 2007. The effects of adding picoxystrobin, azoxystrobin and nitrogen to a triazole programme on disease control, flag leaf senescence, yield and grain quality of winter wheat. *Field Crops research, volume 100, Issues 2-3: 143-154.*
- Gooding M.J. 2006. The effect of fungicides on the grain yield and quality of wheat. *En: Congreso A Todo trigo. 13 y 14 de Mayo 2006. Mar del Plata. Argentina: 45-58.*
- Gregory P.J. 1983. Response to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoides* SandH) III. Root development. *Journal of Experimental Botany, 34: 744-756.*

- Gregory P., Ford K., Gooding M. 2004. Managing roots, nitrogen and fungicides for wheat improvement. HGCA conference.
- Gregory P.J., Atwell B.J. 1991. The fate of carbon in pulse -labelled crops of barley and wheat. *Plant and Soil*, 136: 205-213.
- Gregory P.J. 1987. Development and growth of root systems in plant communities. IN *Root Development and Function: 147-166* Edited by Gregory, PJ, Lake JV & Rose DA. Cambridge University Press.
- Gregory P.J. 1991. Resource capture by root networks. *Resource capture by crops. Cap 5 : 77-97.*
- Haberle J., Svoboda P., Ruzek P. 1996. Root length of winter wheat and content of mineral nitrogen in soil profile. *Rostlinna Vyroba* 42: 193-197.
- Hamblin A., Tennant D., Perry M.W. 1990. The cost of stress: dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. *Plant and Soil*, 122: 47-58.
- Heitholt J.J., Croy L.I., Maness N.O., Nguyen H.T., 1990. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in grain N concentration . *Field Crops Res.* 23: 133-144.
- Horward D.D., Chambers A.Y., Logan J. 1994. Nitrogen and fungicide effects on yield components and disease severity in wheat. *J. Prod. Agric.* 7: 448-454.
- Huber D.M., Lee T.S., Ross M.A., Abrey T.S. 1987. Amelioration of tan spot- infected wheat with nitrogen. *Plant disease* 71: 49-50.
- Johnston H.W., MacLeod J.A., Clough K.S. 1979. Effects of cycocel (CCC) and fungicide sprays on spring wheat grown at three nitrogen levels. *Can. J. Plant Sci.* 59: 917-929.
- Klepper B., Belford R.K., Rickman R.W. 1984. Root and shoot development in winter wheat. *Agronomy Journal*, 76: 117-122.
- Kohli M., Mehta Y.R., de Ackermann M.D. 1992. Spread of tan spot in the Southon Cane region of South America. North Dakota State University, Fargo. In LJ Francl, JM Krupinsky, MP Mc Mullen (eds) *Advances in tan spot research. Proc. Of the Second International Tan Spot Workshop: 86-90.*
- Lázaro L., Ressia J.M., Mendivil G., Agostini M., de Pablo C., Balbuena R. 2004. Rendimiento de trigo y sistemas de labranzas. *Actas del VI Congreso Nacional de Trigo, IV Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca: 147.*
- Le Gouis J., Pluchard P. 1996. Genetic variation for nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) *Euphytica* 92: 221-224.

- Loewy T., Echeverría H., Bergh R. 2004. Nitrógeno en trigo: rendimiento y calidad panadera. II fertilización complementaria. Actas del VI Congreso Nacional de Trigo, IV Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca: 153.
- Maddonni G.A., Di Napoli M. 1996. Los requerimientos de nutrientes y la fertilización del cultivo. Trigo. Cuaderno de actualización técnica N° 56, Cap. 3: 22-29.
- Martino D.L., Shaykewich C.F. 1993. Root penetration profiles of wheat and barley as affected by soil penetration resistance in field conditions. Canadian Journal of soil Science: 193-200.
- Melegari A.L. 2001. Efectos del sistema de labranza y de la fertilización con N-Urea sobre tizón foliar (*Septoria tritici*) en el cultivar de trigo (*Triticum aestivum* L.) ProInta Oasis. V Congreso Nacional de Trigo. III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal 25 al 28 de septiembre. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- Mi G.H., Tang L., Zhang F.S., Zhang J.H. 2000. Is nitrogen uptake after anthesis in wheat regulated by sink size? Field Crop Research, 68: 183-190.
- Natali Cr., Pacín F., Gutiérrez Boem Fl. 2007. Factores que afectan el rendimiento de trigo en el centro sur de Santa Fé. Informaciones agrómicas del cono sur N° 34 (IPNI): 20-24.
- Novoa R., Loomis R.S. 1981. Nitrogen and plant production. Plant Soil 58: 177-204.
- Olesen J.E., Jorgensen L.N., Petersen J., Mortensen J.V. 2003. Effects of rates and timing of nitrogen fertilizer on disease control by fungicides in winter wheat. 2 Crop growth and disease development. The Journal of Agricultural Science 140:15-29.
- Ortiz-Monasterio J.I., Sayre K.D., Rajaram S., Mcmahom M. 1997. Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. Crop. Sci. 37: 898-904.
- Osaki M., Matsumoto M., Shinano T., Tadano T. 1996. A root-shoot interaction hypothesis for high productivity of root crops. Soil Sci. Plant. Nutr. 42: 289-301.
- Osaki M., Morikawa K., Yoshida M., Shinano T., Tadano T. 1991. Productivity of High-Yielding Crops I. Comparison of growth and productivity among high- yielding crops. Soil Sci. Plant Nutr., 37: 331-339.
- Osaki M., Shinano T., Matsumoto M., Ushiki J., Shinano M.M., Urayama M., Tadano T. 1995. Productivity of high- yielding crops V. Root growth and root activity. Soil Sci. Plant Nutr. 41: 635-647.
- Osaki M., Shinano T., Matsumoto M., Zheng T., Tadano T. 1997. A root-shoot interaction hypothesis for high productivity of field crops. Plant Nutrition -for sustainable food production & environment: 669-674.

- Ottman M.J., Doerge T.A., Martin E.C. 2000. Durum grain quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain fill. *Agronomy Journal*, 92: 1035-1041.
- Oyanagi A., Nanseki T., Tsuchida S., Naganoma H. 1998. Analyses of vertical distribution of roots in wheat, soybean and rice in tilled and non-tilled multipurpose paddy fields. *Japanese Journal of Crop Science* 67: 49-55.
- Papakosta D.K., Gagianas A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses of mediterranean wheat during grain filling. *Agron. J.*83: 864-870.
- Passarella V.S., Savin R. 2004. Características físico-químicas de los granos y usos principales. *Producción de granos*. Ed. Facultad de Agronomía, UBA, cap 2 : 7-46.
- Perez P., Martinez-Carrasco R., Sanchez de La Puente L. 1983. Uptake and distribution of nitrogen in wheat plants supplied with different amounts of nitrogen after stem elongation. *Ann. Appl. Biol.* 102: 399-406.
- Piekielek W.P., Fox R.H. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84: 59-65.
- Pritchard P.E., Bhandari D.G. 1996. The influence of nitrogen fertilizers on the expression of functional proteins in wheat. *HGCA Project Report* 121: 35 páginas.
- Rawluk C.D.L, Racz G.J, Grant C.A. 1999. Uptake of foliar application of ¹⁵N-labelled urea solution at anthesis and its affect on wheat grain yield and protein. *Canadian Journal of plant science*: 331-334.
- Ressia J.M., Balbuena R.H., Mendivil G.O., Milione J.J., Chidichimo H.O. 1999. Propiedades físicas del suelo y producción de trigo bajo diferentes sistemas de labranzas. *Actas del III Congreso chileno de Ingeniería Agrícola*. Chillán. Chile.
- Ressia J.M., Balbuena R.H., Mendivil G.O., Chidichimo H.O. 1998. Desarrollo radicular y rendimiento en grano de maíz en función de la labranza. *Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ámbito Latinoamericano*. Libro de Compilación Científica de trabajos del Congreso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola. Edición UNLP-PISN 35030
- Robinson D. 1994. The responses of plants to non-uniform supplies of nutrients. *New Phytol.* 127: 635-674.
- Ruiz. R.A. 2001. Requerimientos de nutrientes y fertilización del cultivo. *Trigo, cuaderno de actualización técnica* 63, cap 3: 24- 33.
- SAGPyA.2007. Estimaciones agrícolas mensuales al 16/05/07. Disponible en <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-/agricultura/otros/estimaciones/pdfmensual/mayo-07.pdf>

- Salih A.A. 1998. Root and shoot growth of *Prosopis chilensis* in response to soil impedance and soil matric potential. *Journal of Arid Environments* 40: 43-52.
- Sarandón S.J., Caldiz D.O. 1990. Effects of varying nitrogen supply at different growth stages on nitrogen uptake and nitrogen partitioning efficiency in two wheat cultivars. *Fertilizer Research* 22: 21-27.
- Sarandón S.J., Golik S.I, Chidichimo H.O. 1997. Acumulación y partición del nitrógeno en dos cultivares de trigo pan ante la fertilización nitrogenada en siembra directa y convencional. *Rev. Fac. Agr. La Plata*, 102: 175-186.
- Savin R. y Sorlino D. 2004. Calidad de los granos y estimadores mas comunes. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. Capítulo 3: 25-46.
- Senigagliaesi C., Ferrari M. 1993. Soil and crop responses to alternative tillage practices. *Crop Science* 33: 27-35.
- Setter T.L. 1990. Transport /harvest index: photosynthate partitioning in stressed plants. In *Stress responses in plants: Adaptation and Acclimation Mechanism*. Eds. RG Alscher & JR Cumming, pp 17-36. Willey –Liss Inc. New York.
- Sharp R.E., Davies W.J. 1979. Solute regulation and growth by roots and shoots of water – stressed maize plants. *Planta* 147: 43-49.
- Siddique K.H.M., Belford R.K., Tennant D. 1990. Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* 121: 89-98.
- Simón M.R., Cordo C.A, Perelló A.E. 1998. Evolución de la mancha de la hoja de trigo (*Septoria tritici* rabb. Ex Desm.) en dos condiciones de fertilización nitrogenada. IV Congreso Nacional de Trigo, Mar del Plata, Argentina: 4-18.
- Simón M.R., Perelló A.E., Cordo C.A., Larrán S., Ayala F.M., Bayo D., Moreno V., Chidichimo H.O. 2001. Efecto del sistema de labranza y la fertilización nitrogenada en la intensidad de las enfermedades foliares del trigo. V congreso Nacional de Trigo. III simposio nacional de cereales de Siembra Otoño Invernal, 25 al 28 de septiembre, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- Simón M.R, Perelló A.E., Cordo C.A., Struik P.C. 2002. Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components and test weight of wheat under two Nitrogen fertilization conditions. *Crop Sci.* 42: 1974-1981.
- Simón, M.R., Cordo C.A., Perelló A.E., Struik P.C. 2003. Influence of Nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. *J. Phytopathology* 151: 283-289.

- Slafer G.A., Savin R. 1994. Source-sink and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Research* 37: 39-49.
- Spiertz J.H.J., Ellen J. 1978. Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. *Neth. J. Agric. Sci.* 26: 210-231.
- Svecnjak, Z., Masesic D., Udher D. 2005. Winter wheat cultivar responses to fungicide applications are affected by Nitrogen fertilization rate. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 130-137.
- Taboada M.A., Micucci F.G., Cosentino D.J., Lavado R.S. 1998. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil and Tillage Research* 49: 57-63.
- Takahashi T., Nagao K., Itagaki H., Takaku T. 1996. Grain Filling Mechanisms in Spring Wheat. VI Cultivar variation in nitrogen metabolism and changes in assimilate shortages. *Japanese Journal of Crop Science*, LXV: 289-295.
- Tanakamaru S., Hayashida S., Mochizuki T., Furuya T. 1998. Specific difference in root penetration into the compacted soil cakes in crop plants. *Japanese Journal of Crop Science* 67: 63-69.
- Tanoni L.B. 1998. Efecto de la variedad y del año sobre proteína y gluten en granos de trigo pan cultivados en dos ambientes de fertilidad nitrogenada. IV Congr. de Trigo, Mdp, Bs. As. Argentina: 5-13.
- Tennant D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63: 995-1001.
- Tombetta E., Cuniberti M.B. 1987. Resultados de fertilización nitrogenada del cultivo de trigo en el período de macollaje-encanado en la zona de Marcos Juárez. Hoja informativa. EEA Marcos Juárez. no. 154.
- Towery D. 1998. Conservation tillage report 'troubling' for U.S. agriculture [Online]. Conservation Technology Information Center news release. Available at <http://www.ctic.purdue.edu/Core4/CT/CTsurvey/AgTroubling.html> (verified 28 Jan. 2000).
- Troughton. 1962. The roots of temperate cereals (wheat, barley, oats and rye) Mimeographed Publ. Commonwealth, Bur Past. *Field Crops* 2.
- Unger P.W., Kaspar T.C. 1994. Soil Compaction and Root growth: A Review. *Agronomy Journal*, 86: 759-766.
- Uzik M., Zofajova A. 2000. Chlorophyll and nitrogen content in leaves of winter wheat at different genotypes and fertilization. *Rostlinna Vyroba*, 46: 237-244.

- Van Vuuren M. M. I., Robinson D., Griffiths B.S. 1996. Nutrient inflow and root proliferation during the exploitation of a temporally and spatially discrete source of nitrogen in soil. *Plant and Soil* 178: 185-192.
- Yano K., Yamauchi A., Iijima M., Kono Y. 1998. Arbuscular mycorrhizal formation in undisturbed soil counteracts compacted soil stress for pigeon pea. *Applied Soil Ecology* 10: 95-102.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415- 421.
- Zuckerman E., Eyal Z. 1997. Physiological aspects related to tolerance of spring wheat cultivars to *Septoria tritici* blotch. *Phytopathology* 87: 60-65.