



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Trabajo Académico Integrador

Área de Consolidación Sistemas Agrícolas de Producción Extensivos

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TRIGO ANTE DIFERENTE OFERTA HÍDRICA Y DE NITRÓGENO EN EL CENTRO DE CORDOBA

Autores:

Carbone, Lorenzo

Vázquez, Luis Mariano

Tutor:

Dr. (Ing. Agr.) Cantarero, Marcelo

Lugar:

Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNC

2021



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar agradecer infinitamente al Ing. Agr. Dr. Marcelo Cantarero, por su gran dedicación en la realización del presente trabajo, y su constante predisposición para que pueda llevarse a cabo.

A los integrantes de la cátedra de Cereales y Oleaginosas por sus conocimientos aportados a lo largo del trabajo.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.

A familiares y amigos.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta agronómica del cultivo de trigo en dos situaciones contrastantes de oferta hídrica, combinadas con dos niveles de nitrógeno en dos cultivares de trigo pan. El experimento fue realizado en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba en la campaña agrícola 2019. El diseño experimental fue de parcelas sub subdivididas en donde la parcela principal fue el nivel de agua (Riego y Secano), la subparcela el nivel de nitrógeno (0 y 146 kg N ha⁻¹) y la sub-subparcela correspondió al cultivar (Buck SY120 y Baguette 680). La producción total de biomasa a madurez (PST) se analizó en función de la captura y eficiencia de uso de la radiación. El PST fue significativamente mayor en la condición con riego, y solo hubo respuesta del PST a la aplicación de N en esta condición. En la condición con riego, en promedio hubo mayores valores de radiación fotosintéticamente activa acumulada durante el ciclo (RFAi) y más aún cuando se fertilizó con N. Por su parte, la eficiencia de uso de la RFAi (EUR), solo fue afectada por el nivel hídrico siendo superior en un 34% en la condición con riego (3,1 vs 2,3 g MJ⁻¹, en riego y secano respectivamente). El PST se asoció tanto con la RFAi, como con la EUR. Al igual que el PST, el rendimiento (0% de humedad del grano) fue superior en la condición con riego (709 vs 428 g m⁻², para la condición con riego y secano respectivamente), y solo se encontró respuesta a la fertilización con N en esta condición. En general, el número de granos por unidad de superficie (NG) estuvo más asociado con el rendimiento que el peso individual del grano (PG). Si bien se encontró una asociación significativa entre NG con el peso seco de las espigas alcanzado 7 d posteriores a la antesis (PSE) ($R^2= 0,53$; $p<0,05$), la fertilización nitrogenada en la condición con riego mejoró significativamente el factor de fertilidad de las espigas (FF; granos por g de espiga 7 d posteriores a antesis), siendo el FF el rasgo de mayor asociación con la variación en NG entre tratamientos ($R^2=0,84$; $p<0,05$). El rendimiento del cultivar SY120 se diferenció de Baguette 680 solo en la condición de secano, logrando un 37% más de rendimiento en esa condición. Esta respuesta estuvo relacionada con una menor limitación por la fuente de asimilados durante el período de llenado de los granos en SY120 respecto a Baguette 680. En conclusión, la nutrición nitrogenada en condiciones bajo riego no solo mejoró el crecimiento del cultivo a través de mayor captura de energía lumínica y EUR, sino que además se logró una mayor eficiencia reproductiva (FF).

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pág
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	7
El trigo en Argentina	7
Rendimiento potencial y limitado por agua	9
Determinación del rendimiento del cultivo	10
Efectos del estrés hídrico sobre el rendimiento	11
Efectos del déficit de nitrógeno sobre el rendimiento	11
Efecto del cultivar sobre el rendimiento	12
HIPÓTESIS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Caracterización de la campaña	17
Fenología	17
Peso seco total al inicio y fin del PCE y a madurez	18
Rendimiento	20
Índice de cosecha	22
Número de granos	23
Peso individual del grano	27
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXO	33

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Superficie sembrada (panel superior) y rendimiento de trigo (panel inferior) en Argentina para el período 2000-2019 (MAGYP, 2020).	8
2	Superficie sembrada (panel superior) y rendimiento de trigo (panel inferior) en la provincia de Córdoba para el período 2000-2019 (MAGYP, 2020).	9
3	Curva de absorción del N en trigo. Extraído de Alvarez (2006).	12
4	Peso seco total a madurez (PST; panel a la izquierda) y radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada a madurez (RFAi; panel a la derecha) para los tratamientos en secano sin N (S-0) y fertilizado (S-146) y bajo riego sin N (R-0) y fertilizado (R-146). Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).	19
5	En el panel de la izquierda se muestra el Rendimiento (RG) para la condición de secano (S) y riego (R) y el nivel de N (0 y 146). En el panel de la derecha se muestra RG para la condición de secano (S) y riego (R) de los cultivares B680 y Sy120. Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).	21
6	Índice de cosecha (IC) para la condición de secano (S) y riego (R) de los cultivares B680 y Sy120. Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).	23
7	Asociación entre el RG con NG y PG para cada tratamiento	24
8	Número de granos por unidad de superficie (NG) para la condición de secano (S) y riego (R) y el nivel de N (0 y 146). Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).	25
9	Factor de fertilidad de las espigas (FF) para la condición de secano (S) y riego (R) y el nivel de N (0 y 146). Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).	26
10	Asociación entre NG y FF para cada tratamiento.	27
11	Peso individual del grano (PG) para la condición de secano (S) y riego (R) de los cultivares B680 y Sy120. Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).	27

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Caracterización climática mensual de la campaña 2019. Radiación global (Rg), temperatura media (Tmed), cociente fototérmico (Q), temperatura mínima (Tmín), temperatura máxima (Tmáx) y precipitación (PP). También se muestran esas variables para la serie histórica 1959-2009.	17
2	Fenología del cultivo en sus etapas Siembra-Emergencia (S-E), Emergencia-Antesis (E-A), Antesis-Madurez fisiológica (A-MF) y Emergencia-Madurez fisiológica (E-MF) para los distintos tratamientos.	18
3	Peso seco al inicio (PSini) y fin (PSfin) del PCE, peso seco total a madurez (PST), radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) durante el ciclo y eficiencia de uso de la radiación (EUR) para los distintos tratamientos.	20
4	Rendimiento en grano seco (RG), número de granos por unidad de superficie (NG), peso por granos (PG) e índice de cosecha (IC) para los distintos tratamientos.	22
5	Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Tasa de Crecimiento de Espigas (TCE), Partición de asimilados hacia las espigas (Part) y Fertilidad de Flores (FF) para los distintos tratamientos.	26

INTRODUCCIÓN

El trigo es el principal alimento del ser humano junto con el arroz, la papa, la soja y el maíz. Es un cereal procedente del oeste asiático que se cultiva hace más de 6000 años. Se trata de plantas anuales pertenecientes al género *Triticum*, dentro de la familia de las gramíneas. Actualmente constituye el cultivo más difundido del mundo, destinándose una superficie de 219 millones de hectáreas por año para su producción, seguido por el maíz (177 millones de ha), el arroz (162 millones de ha) y la soja (108 millones de ha) (Abbate *et al.*, 2017). La mayor parte de la siembra se localiza entre los 35° y 55° de latitud en el hemisferio norte, y entre los 25° y 45° de latitud en el hemisferio sur. El promedio de rendimiento mundial se sitúa entre 2 y 7 tn/ha (Abbate *et al.*, 2017). El clima, en particular la oferta hídrica del ambiente de producción, constituye el principal condicionante de los rendimientos mientras que posteriormente el factor nutricional toma relevancia. Estos factores explican en gran parte la brecha de rendimientos entre los distintos ambientes productivos en el mundo.

El trigo en Argentina

El trigo es un importante eslabón en la secuencia de cultivos dentro del esquema de rotación. Entre las ventajas más destacables puede mencionarse, su contribución en el sistema de siembra directa dada la cantidad, calidad y distribución de rastrojo lo cual incrementa la capacidad de infiltración de agua en el perfil de suelo y se reducen los procesos de erosión hídrica y eólica. Estos últimos aspectos tienen un efecto positivo en la eficiencia de uso del agua y en el balance de carbono del sistema suelo (Cantarero, 2014).

En el país, el 80% de la superficie destinada al cultivo de trigo está establecida principalmente por las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa.

En toda el área triguera las deficiencias hídricas ocurren con distinta magnitud durante el ciclo del cultivo y se acrecientan en sentido sudeste-noroeste, siguiendo el gradiente de precipitaciones. En la región subhúmeda las deficiencias pueden ocurrir en distintos momentos del ciclo, mientras que en la región semiárida el agua almacenada en el perfil del suelo al momento de la siembra es el principal factor que determina el éxito del cultivo, dada la baja ocurrencia de precipitaciones durante los estados más críticos de determinación del rendimiento.

De acuerdo a las estimaciones realizadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGYP, 2020), la superficie sembrada con trigo en el territorio argentino en los últimos 20 años tuvo una fuerte caída desde el año 2000 hasta el año 2010 y una gran recuperación a partir de ese año, llegando a ser de aproximadamente 7 millones de ha en la campaña 2019 (Fig. 1). Por su parte, el rendimiento para el mismo período, parece haber crecido hasta 2010 con un estancamiento a partir de ese año, siendo el valor alcanzado en la última campaña de aproximadamente 2,9 tn/ha (Fig. 1).

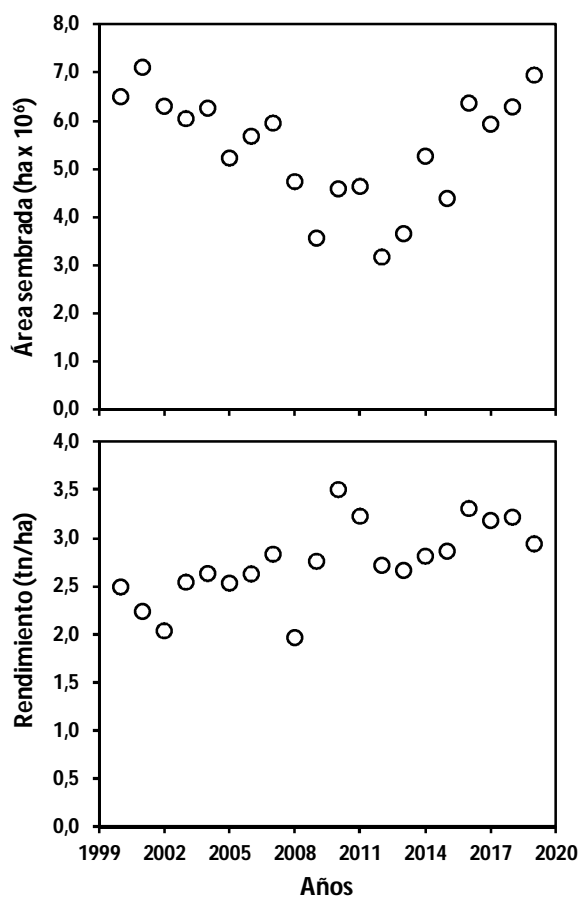


Fig. 1: Superficie sembrada (panel superior) y rendimiento de trigo (panel inferior) en Argentina para el período 2000-2019 (MAGYP, 2020).

En la última campaña, la provincia de Córdoba produjo el 24% del trigo nacional, con un rinde promedio de 3,0 tn/ha y una superficie sembrada de 1,44 millones de ha (Fig. 2). En la Fig. 2 puede apreciarse que los rendimientos logrados en los últimos 20 años fluctuaron entre 1,5 y 3,5 tn/ha lo que sugiere una gran variabilidad en las condiciones ambientales entre

campañas y estarían principalmente asociadas a la oferta hídrica durante la estación de crecimiento.

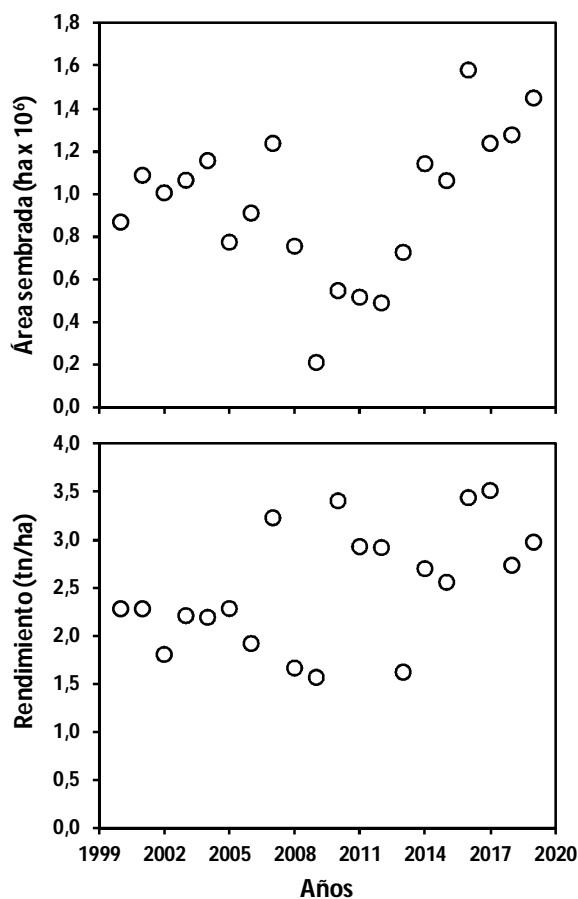


Fig. 2: Superficie sembrada (panel superior) y rendimiento de trigo (panel inferior) en la provincia de Córdoba para el período 2000-2019 (MAGYP, 2020).

Rendimiento potencial y limitado por agua

El rendimiento potencial (RP) se logra cuando un cultivar crece y se desarrolla en un ambiente, sin ningún tipo de estrés biótico y abiótico, lo cual engloba buenas prácticas de manejo, ausencia de limitaciones hídricas y nutricionales, y adecuado control de malezas, plagas y enfermedades. Para un ambiente determinado, el RP está asociado a la oferta de radiación solar y la temperatura (ambiente fototérmico) y a características morfo-fisiológicas del cultivar, que determinarán la capacidad de captura y uso de la radiación y la partición hacia estructuras reproductivas (espigas).

Cuando la producción se realiza en secano, aplicando técnicas que maximizan el aprovechamiento del agua disponible, se obtiene el rendimiento limitado por agua (RW), característico de un ambiente en particular. Establecer la magnitud de la brecha entre RP y RW es una información de gran utilidad puesto que permite orientar prácticas de manejo o de mejora genética con el objetivo de incrementar la eficiencia de uso de los recursos como la radiación solar, el agua y los nutrientes (García y Salvagiotti, 2009; Cantarero, 2018).

Determinación del rendimiento del cultivo

El rendimiento puede considerarse como el producto entre dos componentes principales: el número de granos por unidad de superficie (NG) y el peso individual del grano (PG). El NG queda establecido durante un periodo que está comprendido aproximadamente entre 20 días antes y 10 días posteriores a la antesis y es denominado período de crecimiento de las espigas (PCE) o más comúnmente período crítico. Durante el PCE, las condiciones de crecimiento del cultivo determinan la magnitud con que crecen las espigas y el peso seco que estas alcancen al final del período crítico (PSE) se relaciona positivamente con NG. Se menciona en numerosos trabajos (Fischer, 1985; Abbate *et al.*, 1997; Abbate *et al.*, 1998; Cantarero, 2018) que el PSE es un buen indicador de la disponibilidad de asimilados para fijar granos. En consecuencia, aquellos factores que deprimen el crecimiento y la partición hacia las espigas tendrán un efecto negativo sobre la fijación de granos. Entre estos factores, las deficiencias de agua y de nutrientes pueden citarse como los de mayor probabilidad de ocurrencia en la mayoría de los ambientes de toda la región triguera argentina.

También se ha demostrado que tanto el estrés hídrico como el de N pueden tener efectos directos (que no son explicados solo por el crecimiento del cultivo) sobre el NG y que afectan negativamente la fertilidad de las espigas (FF) (Cantarero *et al.*, 2016). La fertilidad de las espigas puede ser determinada como la cantidad de granos que se fijan por unidad de PSE (Cantarero, 2018). Abbate *et al.* (2016) demostraron que existe una gran variabilidad del FF entre cultivares, carácter que puede ser utilizado en programas de mejoramiento genético para la selección de materiales promisorios.

Por su parte, el PG se determina durante el periodo efectivo de llenado del grano, el cual comienza al final del período crítico y finaliza una vez que el grano alcanza la madurez fisiológica. Del mismo modo que en el PCE, las condiciones ambientales en esta etapa son importantes para el logro de alto PG.

Efectos del estrés hídrico sobre el rendimiento

Cuando se produce un estrés hídrico el crecimiento del cultivo se ve reducido. La deficiencia de agua genera menor interceptación de radiación solar debido a una menor expansión y exposición del área foliar o por senescencia de hojas. Las reducciones tempranas del área foliar no producen caídas del rendimiento, si pasado el periodo de estrés, el cultivo alcanza suficiente área foliar como para interceptar la radiación disponible durante el PCE. Por el contrario, si el cultivo no logra suficiente índice de área foliar durante PCE, el rendimiento se verá afectado, incluso aunque se haya reestablecido la disponibilidad de agua. Una deficiencia hídrica también puede disminuir la actividad fotosintética lo que contribuye aún más a reducir la tasa de crecimiento del cultivo. Un estrés hídrico durante el periodo de crecimiento de las espigas reducirá el número de granos de manera indirecta a través de la tasa de crecimiento del cultivo o de manera directa reduciendo la fertilidad de las flores (FF; Cantarero, 2018).

Cuando el estrés ocurre durante el periodo de llenado de granos se acelera la senescencia foliar y se reduce la actividad fotosintética del cultivo por lo tanto se afectara el peso final que logre cada grano, y este efecto será más acentuado cuanto mayor sea el número de granos logrado. No obstante, NG es el componente del rendimiento más comprometido en la mayoría de las situaciones productivas en presencia de estrés hídrico.

Efectos del déficit de nitrógeno sobre el rendimiento

Las deficiencias de N pueden reducir el rendimiento del cultivo cuando afecta la capacidad de captura y eficiencia de uso de la radiación durante el PCE. El crecimiento del cultivo se ve afectado porque se resiente el área foliar y por consiguiente la interceptación de la radiación y/o porque la actividad fotosintética se ve reducida. También se ha demostrado que un estrés nitrogenado puede reducir la fertilidad de las espigas (FF), en este caso operando directamente sobre la fertilidad de las flores (Cantarero, 2018). Por lo tanto el principal componente del rendimiento afectado cuando hay deficiencia de nitrógeno es NG.

Una vez que el cultivo alcanza la floración, cerca del 90% del nitrógeno se encuentra en los tejidos de la planta, por lo que la carga de N al grano a partir de este momento proviene la removilización durante el periodo de llenado (Fig. 5). En consecuencia una deficiente nutrición puede afectar el peso del grano y la concentración y calidad de la proteína del mismo (Cantarero, 2018).

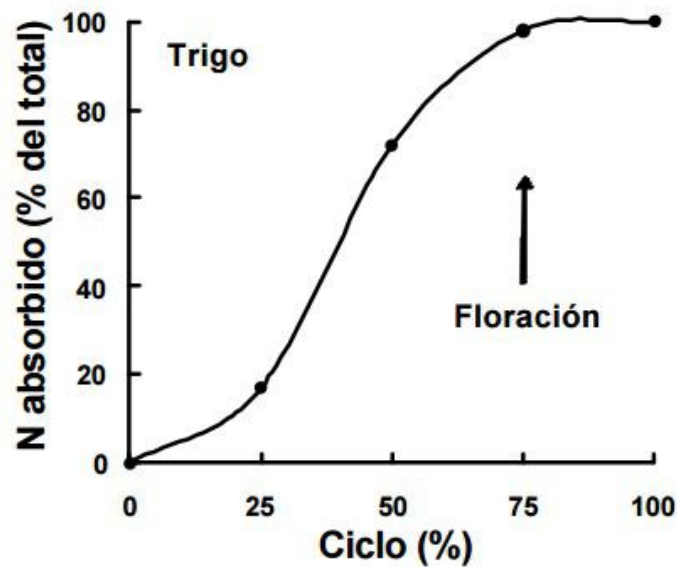


Fig. 3.: Curva de absorción del N en trigo. Extraído de Alvarez (2006).

Efecto del cultivar sobre el rendimiento

Los cultivares de trigo pueden poseer distintos mecanismos (o estrategias) para generar su rendimiento. La introducción de los genes de enanismo ha permitido obtener cultivares con mayor partición del peso seco a espigas hasta el inicio del llenado de los granos (Brooking y Kirby, 1981; Fischer y Stockman, 1986; Youssefian *et al.*, 1992). Además, se han observado diferencias importantes en el factor de fertilidad de las espigas entre cultivares con genes de enanismo (Abbate *et al.*, 1998). Este carácter puede ser evaluado en programas de mejoramiento genético desde generaciones tempranas y posee una baja interacción G×A (Martino *et al.*, 2015). También existen diferencias entre cultivares en la contribución del PG al rendimiento (Sayre *et al.*, 1997), y no necesariamente la mejora en el FF se asocia de manera negativa con el peso por grano (compensación) que puedan contra balancear la mejora en el NG producto de mayor FF (González *et al.*, 2014; Martino *et al.*, 2015).

Entre cultivares, las diferencias en la tasa de crecimiento y en la duración del período en que crecen las espigas parecen ser menores (Sayre *et al.*, 1997; Abbate *et al.*, 1998; González *et al.*, 2003). No obstante, hay evidencias que muestran que una mayor duración de esta etapa podría incrementar el rendimiento como consecuencia de mayor peso seco de espigas (PSE) y por consiguiente de mayor número de flores fértiles que sobreviven hasta anthesis (Fischer, 1985; Miralles *et al.*, 2000; González *et al.*, 2003; Foulkes *et al.*, 2011;

González *et al.*, 2011). El conocimiento de la magnitud de la interacción genotipo × ambiente de estos rasgos es una opción de alto valor.

En función de los antecedentes planteados la hipótesis del presente trabajo es la siguiente:

HIPOTESIS

La mejora en la oferta hídrica y de nitrógeno para el cultivo de trigo en la región central de Córdoba, produce un incremento en el rendimiento del cultivo relacionado más con el NG que con PG. La respuesta de NG ante la modificación de la oferta de agua y N, depende del crecimiento del cultivo, la partición del crecimiento hacia las espigas durante el PCE y de la fertilidad de las espigas.

OBJETIVO GENERAL

- Cuantificar la brecha de rendimiento del cultivo de trigo entre una situación con riego y seco, en respuesta a la fertilización nitrogenada y el cultivar, con especial énfasis en la determinación de NG.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la acumulación de biomasa durante el PCE y a madurez en condiciones de riego y seco y con distinta oferta de N en dos cultivares de trigo.
- Determinar la intercepción y eficiencia de uso de la radiación.
- Cuantificar el rendimiento y sus componentes (NG y PG).
- Para el caso de NG, analizar el crecimiento, la partición y FF durante el PCE.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la campaña 2019 se realizó un experimento que combinó dos niveles hídricos (riego y secano), dos niveles de N y dos cultivares. El ensayo fue conducido en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (31°28'44.6"S 64°00'36.4"W). El suelo corresponde a un Haplustol éntico, franco limoso que posee una capacidad de uso III y un índice de productividad de 68. El promedio anual de precipitaciones es de 759 mm. La temperatura media anual es de 17,3°C, con medias de verano de 24 °C y 12 °C en invierno.

El diseño experimental fue en parcelas sub-subdivididas. La parcela principal fue el nivel de agua (riego y secano), la sub-parcela el nivel de nitrógeno (0 y 146 kg/ha) y la sub sub-parcela el cultivar, con tres repeticiones por cada unidad experimental, con un total de 24 unidades experimentales. Los cultivares en estudio fueron Baguette 680 (B680) y SY 120 (Sy120), del criadero Nidera y Buck, respectivamente. El cultivar B680 es de ciclo largo, sin requerimientos de vernalización y de porte rastrero, moderada capacidad de macollaje, con cierta susceptibilidad a roya amarilla (*Puccinia striiformis f.sp. tritici*). El cultivar SY120, es de ciclo largo con sensibilidad al fotoperiodo, con muy buena tolerancia a roya amarilla. Ambos cultivares se encuentran inscriptos en el INASE desde el año 2017.

La siembra fue realizada el 17/05/2019. Cada unidad experimental fue de 8 m de ancho y 70 m de largo. La distancia entre surcos fue de 0,175 m. Las malezas, plagas y enfermedades fueron controladas adecuadamente. La fertilización se realizó con urea granulada y se incorporó en pre siembra.

El sistema de riego utilizado fue de goteo subterráneo. Los detalles del nivel inicial de agua disponible, los consumos, los momentos y láminas de riego aplicados en cada tratamiento fueron descritos en Giupponi (2020). Brevemente, el contenido de agua útil del suelo hasta 2 m de profundidad al momento de la siembra fue de 207 y 259 mm para el secano y riego, respectivamente. Estos valores representan el 63 y 79% de la máxima capacidad de almacenaje para ese perfil de suelo (ver Tabla 2 del Anexo). El consumo de agua en la condición de secano y riego (promedio a través de tratamientos) durante el ciclo fue de 277 y 563 mm, respectivamente. La lámina total de riego aplicada durante el ciclo fue de 272 mm.

Los estados de desarrollo de emergencia (Z10), antesis (Z60) y madurez fisiológica (Z90) fueron identificados de acuerdo a la clave de Zadoks *et al.* (1974). Las mediciones se hicieron semanalmente sobre un surco de 0,50 m en cada unidad experimental, y se consideró que la fecha de ocurrencia de cada estado fue aquella en donde el 50% de las plantas o espigas

alcanzaron dicho estado fenológico. Durante el ciclo del cultivo se realizaron tres muestreos de materia seca, el primero aproximadamente entre 20 a 25 días previos a la antesis (PS_{ini}), el segundo entre 7 y 10 días posteriores a antesis (PS_{fin}) y el tercero en madurez fisiológica (PST). En cada muestreo se tomaron 5 surcos de 0,5; 0,8 y 2,0 m de largo para el primero, segundo y tercer muestreo respectivamente, cortando las plantas al ras del suelo. De acuerdo a Cantarero et al. (2016), el período comprendido entre PS_{ini} y PS_{fin} fue considerado como el período de crecimiento de las espigas (PCE). En el segundo muestreo se separó una alícuota de 25 tallos (tallo + hoja + espiga) y se separaron las espigas. Todas las muestras fueron secadas a 65°C durante 7 días. El peso seco de las espigas por unidad de superficie (PSE) en el segundo muestreo fue calculado a partir de la proporción de espigas de la alícuota de 25 tallos y el peso seco total, y el peso del grano fue descontado del peso de las espigas. La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y de las espigas (TCE), durante el PCE, se calcularon como la relación entre la diferencia de sus respectivos pesos secos entre el muestreo 1 y 2 y la duración del PCE. La partición a espigas durante el PCE se calculó como el cociente porcentual entre la TCE y la TCC.

Luego de secar y pesar las muestras de madurez, estas se trillaron y se pesaron los granos para determinar el rendimiento (RG). El RG fue expresado al 0% de humedad del grano. El PG se determinó a partir de una sub muestra de 200 granos en cada unidad experimental. El NG se determinó como el cociente entre RG y PG. El índice de cosecha (IC) se calculó como el cociente entre el rendimiento y el PST.

La fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo (FI) fue calculada como $(1-RFA_i/RFA_0)$, donde RFA_i fue la RFA incidente en la capa más baja de hojas verdes dentro del canopeo, y RFA_0 fue la RFA incidente sobre el canopeo del cultivo. La RFA_i y RFA_0 fueron medidas con un sensor lineal cuántico (Decagon Devices, Pullman, Washington). Las mediciones fueron tomadas al mediodía, a intervalos de 7 a 10 días, ubicando el sensor perpendicular a las hileras, con tres registros por unidad experimental. La FI para cada día entre mediciones fue calculada por interpolación lineal. La RFA interceptada para cada día fue calculada como el producto de su correspondiente FI y la RFA_i . La eficiencia de uso de la radiación (EUR; g/MJ) fue calculada como el cociente entre el peso seco total del cultivo a madurez (PST) y la RFA interceptada acumulada durante el ciclo (RFA_i).

Los datos climáticos de fueron tomados de una estación agrometeorológica ubicada a 100 m del experimento.

Todas las variables fueron sometidas a análisis de varianza y las relaciones entre variables por análisis de regresión y correlación utilizando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*,

2019). Cuando se detectaron diferencias significativas entre medias ($p < 0.05$) estas se compararon por la diferencia mínima significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización climática de la campaña

Las variables climáticas de la campaña 2019 se encontraron dentro de los rangos normales e históricos para la zona. Cabe destacar las escasas precipitaciones durante el ciclo de del cultivo, situación típica del centro de Córdoba (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización climática mensual de la campaña 2019. Radiación global (Rg), temperatura media (Tmed), cociente fototérmico (Q), temperatura mínima (Tmín), temperatura máxima (Tmáx) y precipitación (PP). También se muestran esas variables para la serie histórica 1959-2009.

Variable	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov
	Campaña 2019						
RG (Mj/m ²)	7,9	8,4	9,0	13,7	16,7	14,8	20,0
Tmed (°C)	11,9	12,2	11,1	13,2	15,3	18,1	21,8
Q (M/m ² /d/°C)	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,5	0,6
Tmín (°C)	7,0	6,1	4,5	5,8	7,5	11,7	15,9
Tmáx (°C)	17,3	18,3	17,6	20,5	23,1	24,4	28,7
PP (mm)	6	12	3	0	7	58	29
	Período 1959-2009						
RG (Mj/m ²)	10,2	8,6	9,8	13,0	16,1	19,3	22,6
Tmed (°C)	14,7	11,4	10,9	12,7	15,0	18,4	21,0
Q (M/m ² /d/°C)	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
Tmín (°C)	8,7	5,4	4,6	5,7	8,0	11,9	14,4
Tmáx (°C)	20,6	17,3	17,2	19,8	22,1	24,9	27,5
PP (mm)	21	10	13	10	35	66	100

Fenología

El cultivo emergió el día 26/05, 9 días después de la siembra. A los 128 días de emergencia, el trigo alcanzó la antesis para llegar a madurez fisiológica 42 días posteriores a floración. En total el ciclo ontogénico tuvo una duración de 170 días para tratamientos bajo riego y 165 días para secoano (Tabla 2).

Tabla 2. Fenología del cultivo en sus etapas Siembra-Emergencia (S-E), Emergencia-Antesis (E-A), Antesis-Madurez fisiológica (A-MF) y Emergencia-Madurez fisiológica (E-MF) para los distintos tratamientos.

Nivel agua	Nivel N	Cultivar	----- (días) -----			
			S-E	E-A	A-MF	E-MF
Riego	0	Sy120	9	128	42	170
	146	Sy120	9	128	42	170
	0	B680	9	128	42	170
	146	B680	9	128	42	170
Secano	0	Sy120	9	125	42	167
	146	Sy120	9	125	43	168
	0	B680	9	124	41	165
	146	B680	9	125	40	165
Riego	---	---	9 a	128 a	42 a	170 a
Secano	---	---	9 a	125 b	42 a	166 b
---	0	---	9 a	126 a	42 a	168 a
---	146	---	9 a	126 a	42 a	168 a
---	---	B680	9 a	126 a	41 a	168 a
---	---	Sy120	9 a	126 a	42a	169 a
A×N			ns	*	ns	ns
A×C			ns	ns	ns	ns
C×N			ns	ns	ns	ns
A×C×N			ns	ns	ns	ns

Letras distintas establecen diferencias significativas ($p < 0,05$) para los efectos principales. También se muestra la significancia (*: $p < 0,05$; ns: no significativo) para las interacciones Nivel de agua × Nivel de N (A×N), Nivel de agua × Cultivar (A×C), Cultivar × Nivel de N (C×N) y Nivel de agua × Cultivar × Nivel de N (A×C×N)

Peso seco total del cultivo al inicio y fin del PCE y a madurez

Como se observa en la Tabla 3, al inicio del PCE la deficiencia de agua no afectó de manera significativa la acumulación de materia seca. Por su parte, la fertilización con N incrementó la biomasa al inicio del PCE lo cual indica que la deficiencia de N operó desde etapas tempranas del ciclo. Además el cultivar SY120 fue el de mayor peso seco al inicio del PCE, situación que se mantuvo hasta madurez. Al final del PCE el tratamiento con riego produjo un 27% más de materia seca que en la condición de secano. Con respecto al PST, este fue un 49% superior en riego respecto a secano. La fertilización nitrogenada solo produjo efecto positivo sobre el PST en la condición con riego (interacción A×N significativa; Fig. 4).

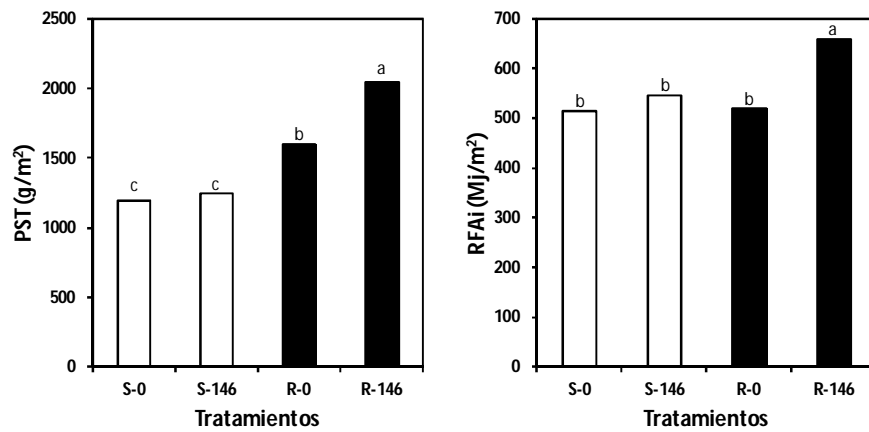


Fig. 4: Peso seco total a madurez (PST; panel a la izquierda) y radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada a madurez (RFAi; panel a la derecha) para los tratamientos en seco sin N (S-0) y fertilizado (S-146) y bajo riego sin N (R-0) y fertilizado (R-146). Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la condición con riego, en promedio hubo mayores valores de RFAi y más aún cuando se fertilizó con N (interacción significativa $A \times N$; Fig. 4). La EUR por su parte, solo fue afectada por el nivel hídrico siendo superior en un 34% en la condición con riego (Tabla 3). Las diferencias en el PST encontradas estuvieron asociadas tanto a la cantidad de radiación interceptada durante el ciclo ($R^2=0,75$; $p < 0,05$) como con la EUR ($R^2=0,78$; $p < 0,05$).

Tabla 3. Peso seco al inicio (PS_{ini}) y fin (PS_{fin}) del PCE, peso seco total a madurez (PST), radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) durante el ciclo y eficiencia de uso de la radiación (EUR) para los distintos tratamientos.

Nivel agua	Nivel N	Cultivar	PS _{ini}	PS _{fin} (g/m ²)	PST	RFAi (Mj/m ²)	EUR (g/Mj)
Riego	0	Sy120	424	1440	1652	525	3,2
	146	Sy120	634	1330	2023	655	3,1
	0	B680	375	1254	1535	514	3,0
	146	B680	548	1446	2053	663	3,1
Secano	0	Sy120	645	1136	1321	506	2,5
	146	Sy120	750	1219	1413	484	2,4
	0	B680	578	980	1062	371	2,2
	146	B680	595	971	1080	352	2,1
Riego	---	---	495 a	1368 a	1816 a	529 a	3,1 a
Secano	---	---	642 a	1076 b	1219 b	589 a	2,3 b
---	0	---	505 b	1202 a	1393 b	517 a	2,7 a
---	146	---	632 a	1242 a	1642 a	602 a	2,7 a
---	---	B680	524 b	1163 a	1433 b	545 a	2,6 a
---	---	Sy120	613 a	1281 a	1602 a	573 a	2,8 a
A×N			ns	ns	*	*	ns
A×C			ns	ns	ns	ns	ns
C×N			ns	ns	ns	ns	ns
A×C×N			ns	ns	ns	ns	ns

Letras distintas establecen diferencias significativas (p<0,05) para los efectos principales. También se muestra la significancia (*: p<0,05; ns: no significativo) para las interacciones Nivel de agua × Nivel de N (A×N), Nivel de agua × Cultivar (A×C), Cultivar × Nivel de N (C×N) y Nivel de agua × Cultivar × Nivel de N (A×C×N)

Rendimiento

El rendimiento del cultivo en la condición con riego y secano fue de 709 y 428 g/m² respectivamente (promedio a través de nivel de N y cultivar; Tabla 4). Esto significó un 65% más de rendimiento en la condición con riego respecto a secano. Cabe destacar que se observaron interacciones significativas entre el nivel de agua y N (A×N) y entre el nivel de agua y el cultivar (A×C). Solo se encontró respuesta positiva del rendimiento a la fertilización nitrogenada en la condición con riego (Fig. 5), del mismo modo que lo hizo el PST. En los tratamientos en secano, la fertilización no arrojó resultados estadísticamente significativos, posiblemente debido a que la mineralización de N del suelo fue suficiente para sostener esos niveles de rendimiento. La respuesta del rendimiento entre el tratamiento con N en la condición con riego (promedio a través de cultivares) y el secano (promedio a través de nivel de N) fue de un 80%. La respuesta bajo riego a la aplicación de N fue de 10 kg de grano/kg de N. Respecto a la interacción A×C, el cultivar SY120 fue el de mayor rendimiento solo en la condición de secano (Tabla 4; Fig. 5).

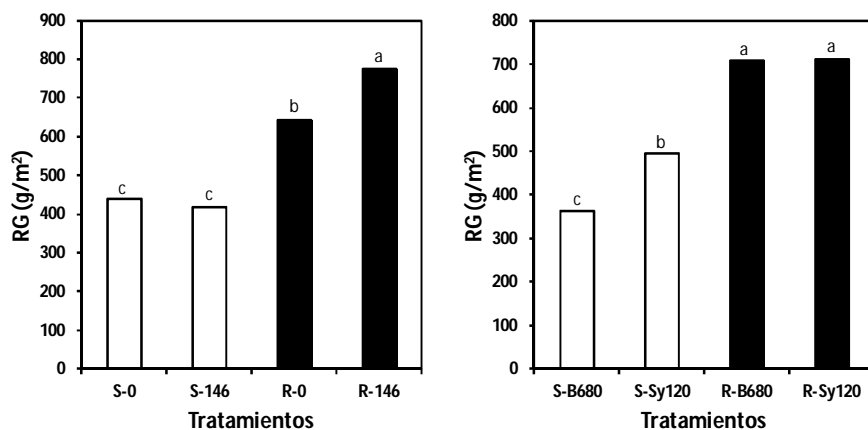


Fig. 5: En el panel de la izquierda se muestra el Rendimiento (RG) para la condición de secano (S) y riego (R) y el nivel de N (0 y 146). En el panel de la derecha se muestra RG para la condición de secano (S) y riego (R) de los cultivares B680 y Sy120. Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cantarero *et al.* (2016), trabajando en la misma localidad y en condiciones de agua disponible inicial similar, reportaron valores de rendimiento en secano y riego inferiores a los presentados en este trabajo. Estas diferencias pueden deberse a que los autores usaron un cultivar (PROINTA Oasis) más antiguo que los utilizados en el presente trabajo. Esto puede ser una evidencia de la mejora genética en el potencial de rendimiento de los cultivares utilizados en este trabajo.

Tabla 4. Rendimiento en grano seco (RG), número de granos por unidad de superficie (NG), peso individual del grano (PG) e índice de cosecha (IC) para los distintos tratamientos.

Nivel agua	Nivel N	Cultivar	RG (g/m ²)	NG (num/m ²)	PG (mg)	IC (%)
Riego	0	Sy120	657	19881	33,4	39,8
	146	Sy120	763	24158	31,8	37,9
	0	B680	629	17858	35,3	40,9
	146	B680	786	24620	32,3	38,4
Secano	0	Sy120	506	16527	31,2	38,3
	146	Sy120	484	15580	30,7	34,1
	0	B680	371	14102	26,3	34,9
	146	B680	352	13739	25,7	32,6
Riego	---	---	709 a	21630 a	33,1 a	39,3 a
Secano	---	---	428 b	14982 b	28,5 b	35,0 b
---	0	---	541 a	17087 a	31,4 a	38,5 a
---	146	---	596 a	19524 a	30,2 a	35,7 b
---	---	B680	535 b	17580 a	29,8 b	36,7 a
---	---	Sy120	602 a	19032 a	31,7 a	37,5 a
A×N			*	*	ns	ns
A×C			*	ns	*	*
C×N			ns	ns	ns	ns
A×C×N			ns	ns	ns	ns

Letras distintas establecen diferencias significativas ($p < 0,05$) para los efectos principales. También se muestra la significancia (*: $p < 0,05$; ns: no significativo) para las interacciones Nivel de agua × Nivel de N (A×N), Nivel de agua × Cultivar (A×C), Cultivar × Nivel de N (C×N) y Nivel de agua × Cultivar × Nivel de N (A×C×N)

Índice de cosecha

El IC fue significativamente menor cuando se fertilizó con N y se encontró una interacción significativa entre el nivel hídrico y el cultivar (A×C; Tabla 4). Mientras el IC no fue distinto entre cultivares en la condición con riego, en secano el cultivar B680 presentó menor IC que Sy120 (Fig. 6).

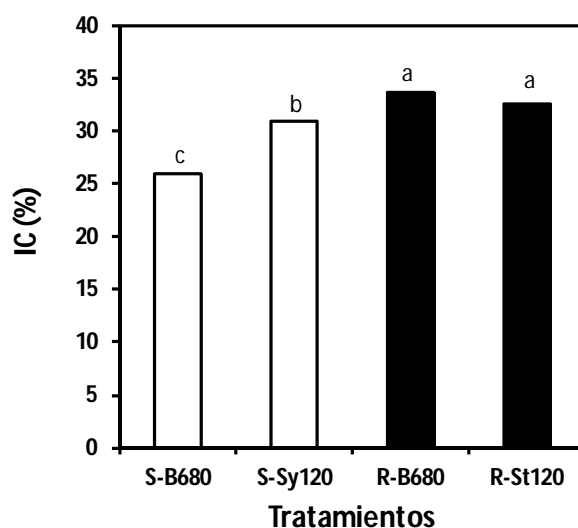


Fig. 6: Índice de cosecha (IC) para la condición de secano (S) y riego (R) de los cultivares B680 y Sy120. Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Robertson y Giunta (1994) reportaron igual o menor partición a espigas en antesis en presencia de estrés hídrico. Sin embargo, otros autores también reportaron mayor IC (Van den Boogaard *et al.*, 1996) o mayor partición al crecimiento de las espigas cuando se reducen las condiciones de crecimiento del cultivo ocasionadas por estrés hídrico (Cantarero *et al.*, 2016), sombreado (Abbate *et al.*, 1997), deficiencias de nitrógeno (Abbate *et al.*, 1995) o de fósforo (Lázaro *et al.*, 2010).

Número de granos

Como se observa en la Fig. 7, NG estuvo más asociado a RG que PG. Del mismo modo, Abbate y Cantarero (2001) al estudiar el efecto de la sequía sobre el RG en Balcarce y Córdoba, encontraron que el NG resultó igual o más afectado que el PG, incluso en dos experimentos en los que la sequía se prolongó artificialmente hasta madurez. Estos resultados ponen en evidencia la importancia del PCE en la determinación del rendimiento cuando el agua es limitante.

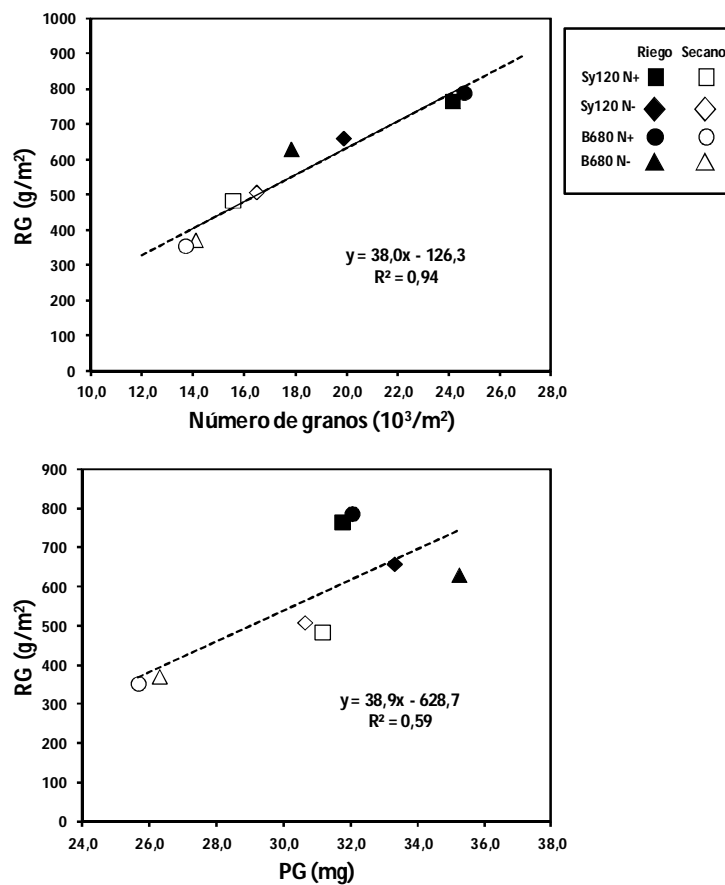


Figura 7: Asociación entre el RG con NG y PG para cada tratamiento

El NG fue significativamente mayor en la condición con riego (Tabla 4). No obstante, se encontró una interacción significativa entre el nivel de agua y el de N (AxN), la fertilización nitrogenada solo incrementó NG en la condición con riego (Fig. 8).

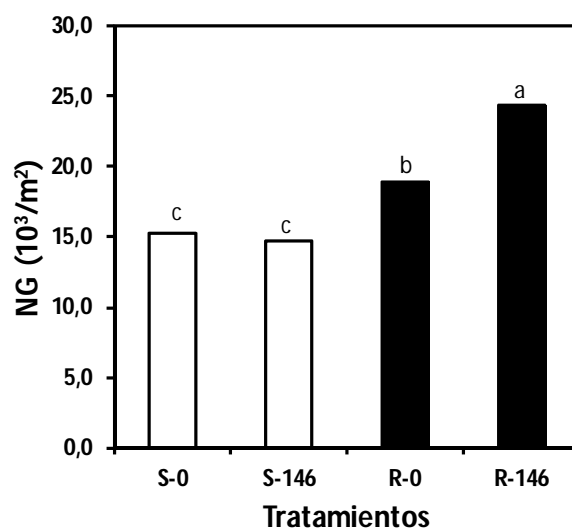


Fig. 8: Número de granos por unidad de superficie (NG) para la condición de secano (S) y riego (R) y el nivel de N (0 y 146). Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Considerando las medias de cada tratamiento, se encontró una asociación positiva y significativa entre NG y PSE ($R^2=0,53$; $p < 0,05$; $n=8$). El PSE fue significativamente menor en la condición con riego (18%; Tabla 5), y el cultivar SY120 tuvo un 12% más de PSE que B680 (Tabla 5). Por su parte, el PSE guardó una estrecha asociación positiva con la TCE ($R^2=0,91$; $p < 0,05$), y el cultivar SY120 siempre fue el que mostró mayores TCE en cualquier condición (Tabla 5). Si bien la partición del peso seco al crecimiento de las espigas aumentó a mayor nivel de estrés hídrico, esta no fue suficiente para compensar la caída en el crecimiento del cultivo (Tabla 5). Estos datos coinciden con lo demostrado por Abbate *et al.* (1997) y Cantarero *et al.* (2016) y evidencian efectos indirectos sobre el NG que pasan por el crecimiento y la partición de asimilados hacia las estructuras reproductivas.

No obstante, también el estrés hídrico y nitrogenado puede ocasionar efectos directos sobre la fertilidad de las flores. En este estudio la deficiencia de N se manifestó sobre FF. Como se observa en la Tabla 5, el FF presentó una interacción significativa $A \times N$. Si bien FF fue un 24% mayor en la condición con riego respecto a secano, esta variable fue mucho más alta cuando se fertilizó con N bajo riego, y no se encontraron diferencias al agregado de N en secano (Fig. 9).

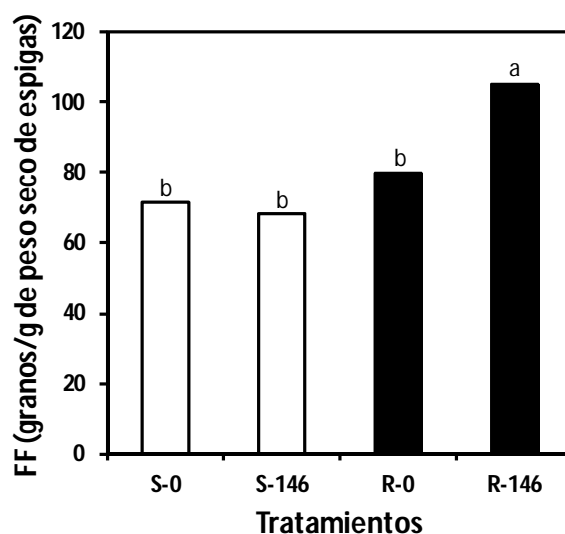


Fig. 9: Factor de fertilidad de las espigas (FF) para la condición de secano (S) y riego (R) y el nivel de N (0 y 146). Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Como resultado de esta respuesta, el FF fue el componente más asociado a las variaciones de NG entre tratamientos (Fig. 10).

Tabla 5. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Tasa de Crecimiento de Espigas (TCE), Partición de asimilados hacia las espigas (Part) y Fertilidad de Flores (FF) para los distintos tratamientos.

Nivel agua	Nivel N	Cultivar	PSE (g/m ²)	TCC ----- (g/m ² /d) -----	TCE	Part (%)	FF (granos/g)
Riego	0	Sy120	261	29,2	7,5	26,5	77
	146	Sy120	228	20,1	6,6	32,8	106
	0	B680	219	24,9	6,2	24,8	83
	146	B680	238	25,9	6,9	26,5	104
Secano	0	Sy120	208	15,5	6,5	43,1	72
	146	Sy120	221	14,7	6,9	47,5	64
	0	B680	178	12,8	5,7	45,0	71
	146	B680	171	12,0	5,4	47,6	73
Riego	---	---	236 a	25,0 a	6,8 a	27,7 b	92 a
Secano	---	---	195 b	13,7 b	6,1 a	45,8 a	70 a
---	0	---	216 a	20,6 a	6,5 a	34,9 a	76 b
---	146	---	214 a	18,2 a	6,4 a	38,6 a	87 a
---	---	B680	201 b	18,9 a	6,0 b	36,0 a	82 a
---	---	Sy120	230 a	19,9 a	6,9 a	37,5 a	80 a
A×N			ns	ns	ns	ns	*
A×C			ns	ns	ns	ns	ns
C×N			ns	ns	ns	ns	ns
A×C×N			ns	ns	ns	ns	ns

Letras distintas establecen diferencias significativas ($p < 0,05$) para los efectos principales. También se muestra la significancia (*: $p < 0,05$; ns: no significativo) para las interacciones Nivel de agua × Nivel de N (A×N), Nivel de agua × Cultivar (A×C), Cultivar × Nivel de N (C×N) y Nivel de agua × Cultivar × Nivel de N (A×C×N)

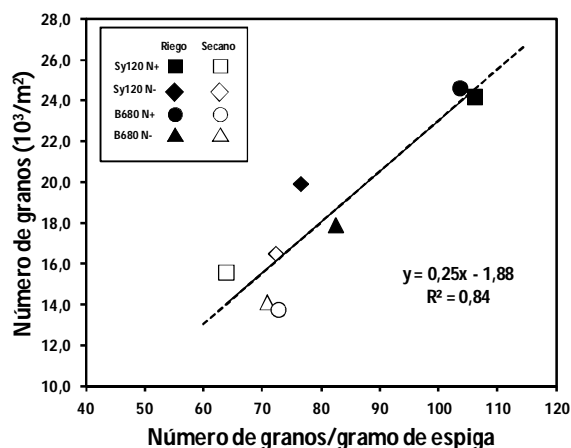


Fig. 10. Asociación entre NG y FF para cada tratamiento.

Peso individual del grano

El PG fue en promedio un 14% superior bajo riego respecto a secano (Tabla 4). No obstante, se observó una interacción significativa entre el nivel de agua y el cultivar (A×C). El cultivar B680 no presentó diferencias en PG en la condición con riego respecto a Sy120, pero por el contrario, en secano el PG se redujo un 19% respecto a SY120 (Fig. 11).

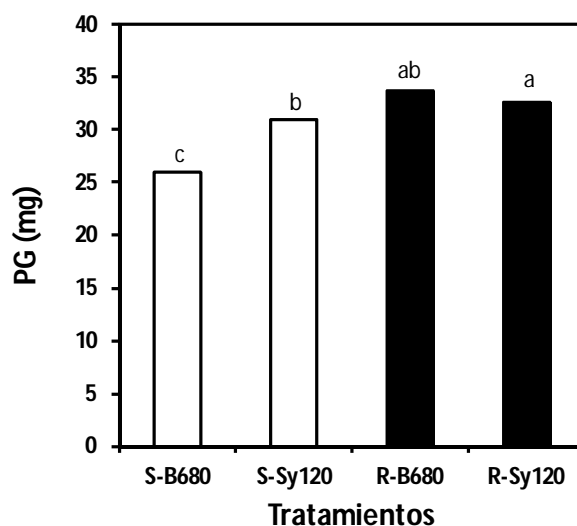


Fig. 11: Peso individual del grano (PG) para la condición de secano (S) y riego (R) de los cultivares B680 y Sy120. Sobre las barras, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Si en la condición de secano se estima la relación fuente/destino para cada cultivar, como la relación entre la diferencia de peso seco al final del PCE y el PST (Tabla 3) y NG (Tabla

4), el cultivar SY120 tuvo mayor disponibilidad de asimilados por grano con valores de 11,3 respecto a 6,9 mg/grano, para el cultivar B680.

CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales que se presentaron durante la campaña permitieron obtener altos rendimientos comparados con la media de los últimos años en la región, tanto en la condición de secano como bajo riego, en donde la brecha fue del 65%. Un aspecto importante de la información producida en el trabajo se desprende de la nula respuesta a la fertilización en condiciones de secano, a pesar de rendimientos que superaron en promedio 400 g/m². Solo se encontró respuesta del rendimiento a la fertilización nitrogenada en la condición bajo riego. Por su parte, se encontró que el NG es el principal componente del rendimiento y que las condiciones de crecimiento durante el PCE determinan en gran medida la capacidad reproductiva del cultivo. Del mismo modo, la nutrición nitrogenada en condiciones de alta oferta hídrica mejoró significativamente el factor de fertilidad de las espigas. Esto pone de manifiesto la importancia de establecer adecuadamente los niveles de oferta de N cuando se esperan rendimientos potenciales, puesto que una limitación de N además de reducir el crecimiento, por reducciones en la capacidad de captura de energía lumínica y/o por caídas en la eficiencia de conversión de la radiación, también puede generar efectos negativos sobre la eficiencia reproductiva (FF).

A su vez, uno de los cultivares se destacó en condiciones de secano, ya que fue el que logró mayor rendimiento en esa condición (SY120). Esta respuesta estuvo relacionada con una mayor índice de cosecha y fuente de asimilados durante el período de llenado lo que le permitió sostener un mayor PG cuando la oferta hídrica fue limitada.

Otro aspecto destacable, es que la biomasa total producida en la condición de secano al inicio del PCE no fue afectada por la deficiencia hídrica, pero por el contrario si lo hizo la deficiencia nitrogenada. Esto demuestra que en este tipo de ambientes, de baja ocurrencia de precipitaciones durante el ciclo, cuando el cultivo crece en condiciones de agua útil inicial por encima del 60% de la máxima capacidad de retención del suelo, el estrés hídrico comienza a operar recién al inicio del PCE. Situaciones con menor agua disponible pueden comprometer seriamente la capacidad de captura y eficiencia de uso de la radiación desde etapas más

tempranas y por consiguiente generar mayores caídas del rendimiento por menor crecimiento del cultivo y de las espigas durante el PCE. En el caso del N, la deficiencia opera desde estados más tempranos. Por lo tanto, para situaciones de manejo donde se pretendan lograr máximos rendimientos (por ej. en sistemas con riego), la nutrición nitrogenada es prioritaria desde el inicio del cultivo, mientras que los aportes hídricos pueden esperar, si es que el suelo posee más del 60% de de su máxima capacidad de retención. Garantizando esta condición inicial, la demanda de agua del cultivo puede ser abastecida hasta inicio del PCE y se hace más importante de allí en adelante.

Por último, el PST tuvo la misma respuesta que el rendimiento de cada tratamiento y está asociado a una mayor captura y eficiencia de uso de la radiación. En condiciones de secano se logró menor captura de radiación y EUR, y en condiciones de adecuada oferta hídrica la mejora en la nutrición nitrogenada logró los mayores valores de captura y EUR.

En consecuencia, se acepta la hipótesis planteada puesto que ***La mejora en la oferta hídrica y de nitrógeno para el cultivo de trigo en la región central de Córdoba, produce un incremento en el rendimiento del cultivo relacionado más con el NG que con PG. La respuesta de NG ante la modificación de la oferta de agua y N, depende del crecimiento del cultivo, la partición del crecimiento hacia las espigas durante el PCE y de la fertilidad de las espigas.***

BIBLIOGRAFÍA

- Abbate P.E., Andrade F.H. and Culot J.P. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.*, 124:351-360.
- Abbate, P.E.; Andrade, F.H.; Culot J.P. y Bindraban, P.S. 1997. Grain yield in wheat: effects of radiation during spike growth period. *Field Crops Research*. pp. 245-257.
- Abbate P.E., Andrade F.H., Lázaro L., Bariffi J.H., Berardocco H.G., Inza V.H. and Maturano F. 1998. Grain yield increase in recent argentine wheat cultivars. *Crop Sci.*, 38:1203-1209. Abbate et al., 2004
- Abbate, P.E., Cantarero, M.G. 2001. Efectos del estrés hídrico en trigo. Conferencia. Actas V Congreso Nacional de Trigo y III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Carlos Paz, Córdoba. 28-26 de Setiembre de 2001.
- Abbate P.E., Cardos M.J. y Campaña L.E. 2017. El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo. En: Manual del cultivo de trigo. Ed. Divito A. y García F. O. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas Programa Latinoamérica Cono Sur (IPNI), Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Pp 7-19.
- Alvarez, R. 2006. Balance de Nitrógeno en Cultivos de Trigo. Campaña 2006. INTA Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/miscelaneas/105/trigo2006_23.pdf
- Brooking I.R. and Kirby E.J.M. 1981. Interrelationships between stem and ear development in winter wheat: the effect of a Norin 10 dwarfing gene, Gai/Rht2. *J. Agric. Sci.*, 97:373-381.
- Cantarero, M. 2014. El Cultivo de Trigo. En: Sistemas de producción de cultivos extensivos, Cereales y Oleaginosas, Material de clases. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad nacional de Córdoba.
- Cantarero M.G., Abbate P.E. and Balzarini M. 2016. Effect of water stress during the spike growth period on wheat yield in contrasting weather. *Int. J. Env. Agric. Res.*, 2:22-37.
- Cantarero, M. 2018. Deficiencia hídrica durante el período de crecimiento de las espigas en trigo y estrategias de tolerancia al estrés en diferentes cultivares. Tesis. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11086/11142>

- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M y Robledo C.W. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Fischer, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influences of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.*, 105:447-461.
- Fischer R.A. and Stockman Y.M. 1986. Increased kernel number in Norin 10-derived dwarf wheat: evaluation of the cause. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13:767-784.
- Foulkes M.J., Slafer G.A., Davies W.J., Berry P.M., Bradley R.S., Martre P., Calderini D.F., Griffiths S. and Reynolds M.P. 2011. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *J. Exp. Bot.*, 62(2):469-486.
- García F. y F. Salvagiotti. 2009. Eficiencia de uso de nutrientes en sistemas agrícolas del Cono Sur de Latinoamérica. In J. Espinosa and F. García (ed.). Memorias del Simposio "Uso eficiente de nutrientes". XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. pag. 37-48.
- Giupponi, J.R. 2020. Consumo y eficiencia de uso del agua ante cambios de la oferta hídrica y de nitrógeno en dos cultivares de trigo en el centro de Córdoba. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11086/16785>
- González F.G., Slafer G.A. and Miralles D.J. 2003. Floret development and spike growth as affected by photoperiod during stem elongation in wheat. *Field Crops Res.*, 81:29-38.
- González F.G., Terrile I.I. and Falcón M.O. 2011. Spike fertility and duration of stem elongation as promising traits to improve potential grain number (and yield): Variation in modern Argentinean wheats. *Crop Sci.*, 51:1693-1702.
- González F.G., Aldabe M.L., Terrile I.I. and Rondanini D.P. 2014. Grain weight response to different postflowering source:sink ratio in modern high yielding argentinean wheats differing in spike fruiting efficiency. *Crop Sci.*, 54:297-309.
- Lázaro L., Abbate P.E., Cogliatti D.H. and Andrade F.H. 2010. Relationship between yield, growth and spike weight in wheat under phosphorus deficiency and shading. *J. Agric. Sci.*, 148:83-93.
- MAGyP. 2020. Estimaciones Agrícolas. Publicado en internet. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Activo enero de 2020.

- Martino D.L., Abbate P.E., Cendoya M.G., Gutheim F., Mirabella N.E. y Pontaroli A.C. 2015. Wheat spike fertility: inheritance and relationship with spike yield components in early generations. *Plant Breeding*, 134:234-270.
- Mirabella, N. E., Abbate, P. E., Ramirez, I. A., & Pontaroli, A. C. (2016). Genetic variation for wheat spike fertility in cultivars and early breeding materials. *The Journal of Agricultural Science*, 154(1), 13.
- Miralles D.J., Richards R.R. and Slafer G.A. 2000. Duration of the stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.*, 27:931-940.
- Robertson M.J. and Giunta F. 1994. Responses of spring wheat exposed to pre-anthesis water stress. *Aust. J. Agric. Res.*, 45:19-35.
- Sayre K.D., Rajaram S. and Fischer R.A. 1997. Yield potential progress in short bread wheats in northwest Mexico. *Crop Sci.*, 37: 36-42.
- Van den Boogaard R., Veneklaas E.J., Peacock J.M. and Lambers H. 1996. Yield and water use of wheat (*Triticum aestivum*) in a Mediterranean environment: cultivar differences and sowing density effects. *Plant Soil*, 2:251-262.
- Youssefian S., Kirby E.J.M. and Gale M.D. 1992. Pleiotropic effects of the GA-insensitive Rht dwarfing genes in wheat. II: Effects on leaf, stem, ear and floret growth. *Field Crops Res.*, 28:191-210.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, 14:415-421.

ANEXO

Tabla 1. Fertilidad inicial del suelo.

Fertilidad Inicial							
Secano				Riego			
Prof (cm)	0-20	20-40	40-60	Prof (cm)	0-20	20-40	40-60
MOS (%)	2,29			MOS (%)	2,03		
C org (%)	1,33			C org (%)	1,18		
N total (%)	0,126			N total (%)	0,116		
Relación C:N	10,5			Relación C:N	10,2		
N-NO3 (ppm)	18,7	6,4	3,5	N-NO3 (ppm)	17,7	7,5	5,0
S-SO4 (ppm)	3,3			S-SO4 (ppm)	5,8		
P Bray (ppm)	41,1			P Bray (ppm)	27,3		
pH actual	6,3			pH actual	6,9		
CE (dS/m)	0,4			CE (dS/m)	0,7		
N-NO3 (kg/ha) 71,5				N-NO3 (kg/ha) 75,5			

Tabla 2. Humedad volumétrica inicial.

Humedad volumétrica inicial				
Secano				
Tita actual	PMP	CC	Prof	AU (mm)
0,26	0,135	0,34	-20	26
0,26	0,115	0,29	-60	59
0,23	0,112	0,27	-100	46
0,20	0,113	0,27	-140	34
0,18	0,113	0,27	-200	42
			Total	207
Riego				
Tita actual	PMP	CC	Prof	AU (mm)
0,27	0,135	0,34	-20	27
0,26	0,115	0,29	-60	59
0,25	0,112	0,27	-100	55
0,24	0,113	0,27	-140	50
0,22	0,113	0,27	-200	67
			Total	259

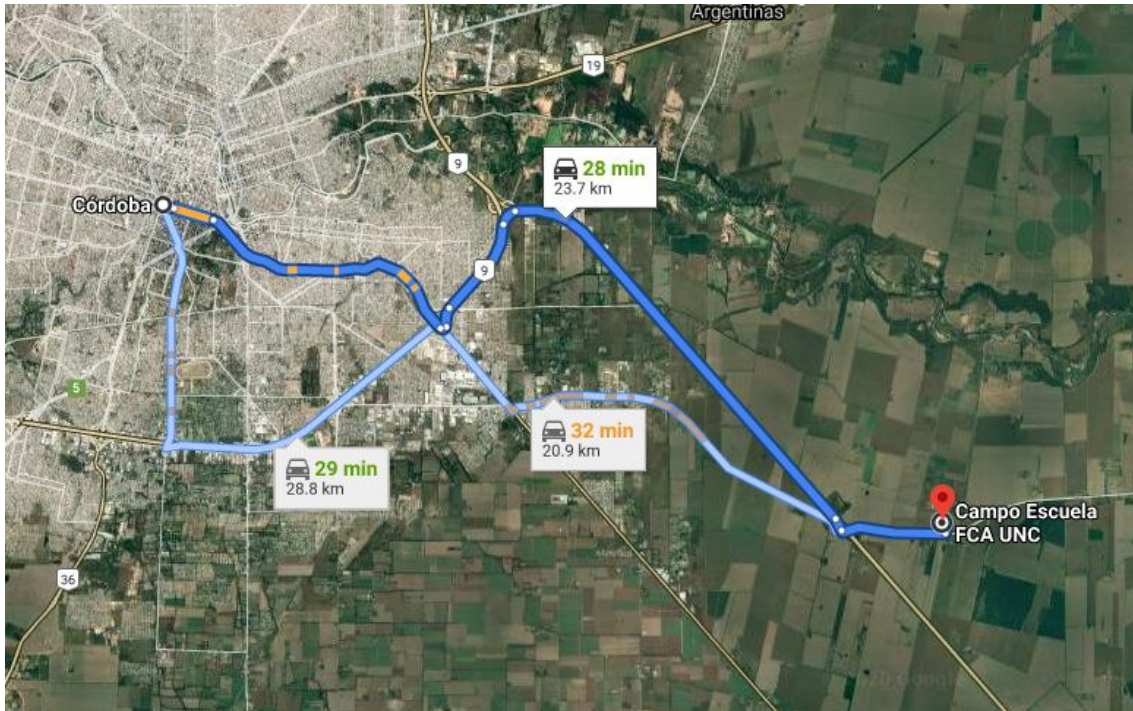


Figura 1. Ubicación del Campo Escuela de la FCA-UNC.

Trabajo Práctico Final del Curso de Ética, Desarrollo Personal y Responsabilidad Social y Profesional - 2019

Planilla General Trabajo Práctico Final (TPF) – página 2 -

Estudiantes: CARBONÉ, LORENZO, MAZÓREZ, LUIS MARIANO, K-3

Ítem: RESPUESTA DEL TRIGO A RIEGO Y FERTILIZACIÓN

Públicos de Interés relacionados con el TAI	Oportunidades: Afectación Positiva	Riesgos: Afectación Negativa	Respuesta de Gestión desde la RS&S	Indicador de RS&S INDIC-AGRO que se debe aplicar	Tipo de Valor Generado para los Públicos de Interés				Objetivos del Desarrollo Sostenible a los que aporta
					Ética Cultural	Social	Ambiental	Económico	
1. PRODUCTORES	MEJORAR RENTABILIDAD	MAYOR INVERSIÓN	AUMENTAR EL NIVEL DE CAPACITACIÓN	27.7. AJUSTE DEL NIVEL DE INGRESOS 36. RIESGO ALTERNATIVO DE USO DE AGUA	PROFUNDO CONOCIMIENTO DEL AMBIENTE	CUIDADO DE LA SEGURIDAD AUMENTARIA	MEJORA EFICIENCIA DE USO DE LOS RECURSOS	MAYORES INGRESOS A IGUAL SUPERFICIE	11. SE DESEMPEÑAN LOS SUBSIDIOS EMERGENCIAS AL SISTEMA
2. VENDEDOR DE INSUMOS		MEJOR DEMANDA	AJUSTE DE PRODUCCIÓN Y STOCK	35. EFECTIVA DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS 39. INGRESOS DIVERSOS EN EL AMBIENTE 29. MENOR ALTERACIÓN ECOSISTEMA	BENEFICIO A GENERACIONES FUTURAS	PRODUCCIÓN CON MAYOR INNOVACIÓN	MEJOR IMPACTO AMBIENTAL	MENOR DEPENDENCIA DE FACTORES NO CONTROLABLES	12. SE DEBE ELIMINAR EL EFECTO DE VERDES A TODA COSTA
3. INDIUOS	MAYOR VOLUMEN A PROCESAR	LIMITADA CAPACIDAD OPERATIVA	SELECCIÓN SEGUN ANÁLISIS DE CALIDAD	40. SE CONTRATAN INVI PERSONAS	VISIÓN A LARGO PLAZO	GENERACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO	REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO	EXPANSIÓN DE LA ECONOMÍA	8. LOS INDIVIDUOS DEBERÁN AMPLIAR A FUTURO
4. INDUSTRIA	MEJORA DE CALIDAD PANADERA	INELASTICIDAD DE LA DEMANDA	MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS	43. LA INDUSTRIA DEBERA ENTRENAR A LOS TRABAJADORES	FAVORABLE ACCESO A ALIMENTOS	DISMINUCIÓN DEL HAMBRE	REDUCCIÓN DEL IMPACTO PRODUCTIVO	PRODUCTOS A MENOR PRECIO	3. SE GENERAN MÁS Y MEJORES ALIMENTOS
5. CONSUMIDOR	PRODUCTO DE MAYOR CALIDAD		CONOCER LA IMPORTANCIA DE LA CALIDAD	44. INGRESOS AGROALIMENTARIOS Y MEDICINA PREVENTIVA	AUMENTACIÓN SALUDABLE	ACCESO A ALIMENTOS BÁSICOS	DISMINUCIÓN HUELLA DE CARBONO	REDUCCIÓN DE GASTOS	2. SE GENERAN ALIMENTOS BÁSICOS PARA EL HUNGRO

FCA - Universidad Nacional de Córdoba

Ética - Desarrollo Personal - Responsabilidad Social y Profesional - Prof. Lic. Luis Ulla

Figura 2. TPF Ética, desarrollo personal y responsabilidad social y profesional (1).

Trabajo Práctico Final del Curso de Ética, Desarrollo Personal y Responsabilidad Social y Profesional - 2019

Planilla General Trabajo Práctico Final (TPF) – página 3 -									
Estudiante: CARBONE LORENZO VAZQUEZ, LUIS MANABO C-3					Insc: RESPUESTA DEL TRIGO, REGO Y FERTILIZACIÓN				
Públicos de interés relacionados con el TAI	Oportunidades: Afectación Positiva	Riesgos: Afectación Negativa	Respuesta de Gestión desde la RSE	Indicador de RSE/AGRO INDIC-AGRO que se debe aplicar	Tipo de Valor Generado para los Públicos de Interés				Objetivos del Desarrollo Sostenible a los que aporta
					Ético Cultural	Social	Ambiental	Económico	
De afectación indirecta									
6 ACOPIADORES	PRECIOS COMPETITIVOS	EXCESO DE OFERTA BAJA EL PRECIO	GESTIONAR ADRAC. Y LIQUIDACIÓN	45. OBTENER UNA RED ESTABLE Y GENERAR UNA COMPETITIVA LÍQUIDA	OPERACIONES EN REGLA	ACCESO A ALIMENTOS BÁSICOS	MEJOR IMPACTO POR TN	INGRESOS POR EXPORTACIONES	17. COOPERAR PARA GENERAR UN ABASTECIMIENTO CONSTANTE
7 TRANSPORTISTAS	MAYOR VOLUMEN A TRANSPORTAR	FALTA DE INFRAESTRUCTURA	UTILIZACIÓN DE MEDIOS ALTERNATIVOS	46. OBTENER UN ORDEN DE TRÁFICO E INCREMENTAR LA CONCIENCIA DE LOS CONSUMIDORES SOBRE LOS GASES DE LA SERVICIÓN	CONSCIENCIA DEL AHORRO ENERGÉTICO	DESCOMPRIR EL TRÁFICO	MENOS EMISIONES POR TN	REDUCCIÓN GASTOS DE FLETES	13. IMPULSAR EN LA ACUMULACIÓN DE GASES DE EF. INVERNADERO
8 LABORATORIOS	CONTROL DE CALIDAD	FALTA DE DEMANDA DE SERVICIOS	INFORMAR A PRODUCTORES DE LA IMPORTANCIA DE LA CALIDAD	48. SE CONTIENE PARÁMETROS ESTANDARIZADOS DE CALIDAD	ASEGURAR CALIDAD AL CONSUMIDOR	MEJORA EN LA ALIMENTACIÓN	EVALUAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA PRODUCTIVO	AHORRO EN INSUMOS A FUTURO	12. PERMITE CORREGIR Y AJUSTAR TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN
9 CIUDADANOS	MEJORA EN CALIDAD DE VIDA	DESCONOCIMIENTO DE CALIDAD EN TRIGO	UTILIZACIÓN DE CANALES INFORMATIVOS	49. FORTALECER LA CALIDAD DE VIDA. 22. PRODUCCIÓN CON ÉTICA Y MÓVIL	CONSERVACIÓN PARA GENERACIONES FUTURAS	CUIDADO DE LA SALUD DE LA POBLACIÓN	REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	BAJA DE PRECIOS POR ALIMENTO DE OFERTA	12. COMUVIDE HABRIR EN BASE A UNA DIETA EQUILIBRADA
10 AGRÓNOMOS	OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	MANEJO DE MAYOR CAPITAL	AMPLIAR Y PROFUNDIZAR CONOCIMIENTOS	17. 20. AJUSTE DE INSUMOS. 23. OBTENCIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS	INCENTIVAR AL ESTUDIO Y APRENDIZAJE	GENERACIÓN DE MÁS ALIMENTOS	EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD PRODUCTIVA	MAYOR RENDIMIENTO A IGUAL SUPERFICIE	12. 25. EL ABITE RESPONSABLE DEL PROCESO PRODUCTIVO

Figura 3. TPF Ética, desarrollo personal y responsabilidad social y profesional (2).