

ARTICULO ORIGINAL

Introducción de líneas de trigo del ICARDA y CIMMYT para la zona altoandina del Perú

Introduction of ICARDA and CIMMYT wheat lines for the high Andean zone of Peru

José Calderón Castillo¹⁺  , Delia Palmira Gamarra Gamarra¹  ,
Roberto Carlos Solano Porras^{1*} 

RESUMEN

Con la finalidad de introducir y evaluar la adaptación de nuevas líneas (genotipos) de trigo facultativo (*Triticum aestivum*) procedentes del ICARDA y CIMMYT a condiciones agroecológicas del valle del Mantaro, en el centro del Perú. Se instalaron parcelas de observación en la Estación Experimental Agropecuario "El Mantaro" (3316 msnm) donde se sembraron 287 líneas procedentes de tres viveros internacionales (24th FAWWON-IRR⁽¹⁾, 24th FAWWON-IRR⁽²⁾ y 24th FAWWO - SA en surcos individuales de 2.5 m x 0.3 m. Se evaluó el porcentaje de emergencia (escala CIMMYT), severidad de roya amarilla y negra, septorios, fusariosis y virosis (escala Cobb), altura de planta y parcelas cosechadas en primera y segunda cosecha. Los resultados indican que el porcentaje de emergencia varió entre 1 y 5 grados, registrándose afectaciones de enfermedades en las plántulas. Asimismo, se registraron alturas y rendimiento óptimos a pesar de las condiciones de sequía y frío del lugar. Lo que indica que existen buenas proyecciones en la adaptación de las variedades en estudio.

Palabras clave: Adaptación; accesiones; trigos facultativos; Valle del Mantaro.

ABSTRACT

In order to introduce and evaluate the adaptation of new lines (genotypes) of facultative wheat (*Triticum aestivum*) from ICARDA and CIMMYT to agro-ecological conditions of the Mantaro Valley, in central Peru. Observation plots were installed in the Agricultural Experimental Station "El Mantaro" (3316 masl) where 287 lines from three international nurseries (24th FAWWON-IRR⁽¹⁾, 24th FAWWON-IRR⁽²⁾ and 24th FAWWO- SA) were planted in individual furrows of 2.50 m x 0.30 m. We evaluated the emergence percentage (CIMMYT scale), severity of yellow and black rust, septoria, fusarium and virosis (Cobb scale), plant height and plots harvested in first and second harvest. The results indicate that the emergency percentage varied between 1 and 5 degrees, registering affections of diseases in the seedlings. Likewise, optimum heights and yields were registered in spite of the dry and cold conditions of the place. This indicates that there are good projections in the adaptation of the varieties under study.

Keywords: Adaptation; accessions; optional wheat; Mantaro Valley.

¹ Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Agronomía, Programa de Cereales y Grano Pequeño, Junín, Perú.

+Homenaje póstumo.

*Autor de correspondencia.
E-mail: csolano@uncp.edu.pe

Recibido: 15 – May – 2022

Aprobado: 25 – Jun – 2022

Publicado: 30 – Jul – 2022

Para citar este artículo:

Calderón Castillo, J.; Gamarra Gamarra, D.; Solano Porras, R.C. (2022). Introducción de líneas de trigo del ICARDA y CIMMYT para la zona altoandina del Perú. *Yotantsipanko*, 2(1) 69 - 80 <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v2i1.15>

Introducción

El trigo es uno de los cultivos más importantes para la humanidad, después del maíz y el arroz (Abbo, Lev-Yadun, & Gopher, 2012; Kuñiar et al., 2020). Tiene un amplio rango de adaptación para su crecimiento, incluso puede desarrollarse en condiciones subóptimas (Ofek-Lalzar et al., 2016). Proporciona aproximadamente el 45 % de la energía digestible y el 30 % de la proteína total en la dieta humana (Verma & Suman, 2018).

Los factores que influyen en su rendimiento son el tipo de suelo, clima, riego, época de siembra, fertilización y control de malezas (Moreno, Ramírez, Plana & Iglesias, 2001). El cambio climático viene amenazando la sostenibilidad de la producción de trigo, no sólo con efectos negativos en el crecimiento de los cultivos, sino también con un profundo impacto en la biología y un aumento de plagas (Bajwa et al., 2020). Por ello, su aporte como alimento a nivel mundial viene disminuyendo desde el 2015 (FAO, 2019). Una de las medidas proactivas, ante el clima cambiante, es la liberación de nuevas variedades más resistentes en lugares que aseguren su producción (Reynolds et al., 2009).

En América del Sur se tiene pocos estudios sobre la adaptación de variedades liberadas, por el amplio rango de años que comprende ello (Lo Valvo, Miralles & Serrago, 2018; Soares Chaves, Pinto da Silva, Caierão, Federizzi & Martinelli, 2020). Con el crecimiento poblacional y la

tendencia de disminución del suministro de alimentos, se requiere fomentar la investigación y desarrollo tecnológico en los temas de seguridad alimentaria para el año 2050 (Pérez Vázquez, Leyva Trinidad & Gómez Merino, 2018).

El Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas (ICARDA, por sus siglas en inglés) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, por sus siglas en inglés) vienen liderando las investigaciones en mejora del trigo a nivel internacional, incluidos los cultivos y los recursos de gestión y capacidades (Lantican et al., 2016). Se ha identificado germoplasmas del CIMMYT que serían útiles como progenitores en los programas de mejoramiento (Rattey & Shorter, 2010).

Por otro lado, el trigo es un insumo importante en la alimentación de los peruanos. En el Perú, desde el 2001 al 2017, la superficie de cosecha máxima alcanzada fue 160 000 ha, cuya mayor área cultivada, se encuentra en la sierra, sobre todo en las regiones de La Libertad, Cajamarca y Cuzco (INEI, 2018). La mayor producción es empleada para la elaboración de pan, galletas, harina y otros productos; a pesar de ello, la producción es deficitaria, requiriéndose la importación, principalmente de Canadá, Estados Unidos, Rusia, Argentina y Paraguay (Yana, 2018). Su producción se da en época de lluvias,

sobre los 2000 a 4000 msnm, en terrenos pedregosos y superficiales. No se dispone de semillas certificadas ni asistencia técnica a pesar de su importancia en la economía de los pobladores (MINAG, 2013).

El Valle del Mantaro, está ubicado en la sierra central del Perú, región Junín, entre las cordilleras occidental y central de los Andes (Silva, Takahashi & Chávez, 2008). Las provincias que componen el valle son Jauja, Concepción, Huancayo y Chupaca. Tiene una producción de papa, maíz, cebolla, alcachofa, haba, trigo, cebada, avena, quinua, col, calabaza, lechuga, zanahoria, arveja, betarraga, apio y poro (Garay & Ochoa, 2010). La poca disponibilidad de agua, que sólo se da en periodos lluviosos, las bajas áreas agrícolas y condiciones ambientales adversas, vienen limitando la producción de trigo (Noli, Ordoñez y Canto, 2006).

Dada la necesidad de mejorar las líneas de un cultivo estratégico en el Valle del Mantaro, el presente estudio tiene por objetivo de evaluar los primeros resultados de introducción de nuevas líneas de trigo facultativo procedentes del ICARDA y CIMMYT.

Materiales y métodos

Localización

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria “El Mantaro” (EEA

“El Mantaro”), ubicado a 11° 46' 48" S y 75° 20' 13" O, perteneciente a la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) a 3316 msnm, en el distrito Mantaro, provincia de Jauja, en el Valle del Mantaro.

Posee una temperatura media anual de 11 °C y una precipitación pluvial de 800 mm/año con marcadas épocas de lluvia y seca. Pertenece a la zona de vida de Bosque húmedo montano tropical (bh-MT).

Material biológico

El material biológico estuvo constituido por 287 líneas facultativas (Invierno x primavera) procedentes del ICARDA (Turquía) y CIMMYT (Méjico), correspondientes a los viveros internacionales para la temporada 2017:

1. 24th FAWWON-IRR, líneas del 1 al 100.
2. 24th FAWWON-IRR, líneas del 101 al 179.
3. 24th FAWWON-SA, líneas del 201 al 287.

Los rasgos considerados de mayor importancia fueron: (1) potencial de rendimiento de grano, estabilidad y amplia adaptación, (2) potencial de resistencia duradera a enfermedades como roya amarilla (*Puccinia striiformis*), septoriosis (*Septoria tritici*), tizón (*Fusarium spp*) y podredumbre de la raíz, (3) eficiencia del uso del agua y productividad del agua, (4) tolerancia al calor y (5) características de calidad del uso final (Cook & Vaseth, 1991; Joshi, Chand, Arun, Singh, & Ortiz, 2007)

Condiciones de crecimiento

Las 287 accesiones de trigo facultativo fueron establecidas en un terreno de cultivo de la EEA "El Mantaro" de la UNCP es un área neta del experimento 265.5 m². Las semillas de cada línea fueron sembradas en parcelas de 0.75 m² a una hilera, con una longitud de 2.5 m, a distancias entre surcos de 0.3 m y calles 0.5 m y 1 m.

Para la siembra se cuidó que las semillas queden uniformemente en los surcos a 5 cm de profundidad máxima. La fórmula de fertilización de NPK fue de 50-80-20, con una densidad de siembra de 100 kg/ha.

Variables evaluadas

De las líneas se evaluó las siguientes variables:

- Porcentaje de emergencia, divididas en 3 categorías: bajo (25-50 %), medio (50-75 %) y alto (75-100 %), evaluada después de 20 días de la siembra.
- Respuesta a la afectación por clorosis, evaluada a los 45 días después de la siembra, según la escala de severidad siguiente (Castaño-Zapata & Del Río, 1993):
 - 1: resistente (R),
 - 3: moderadamente resistente (MR)
 - 5: moderadamente susceptible (MS)
 - 7: susceptible (S)
 - 9: bastante susceptible (BS)
- Días al 50 % de floración (espicado), indica la precocidad proximal del cultivo, expresado en días (Tottman, 1987).

- Respuesta a enfermedades (Roya Amarilla, Roya de la Hoja, Septoria, Fusarium, Virus BYD) evaluadas según la escala Cobb (Peterson, Campbell & Hannah, 1948).
- Altura de planta en metros, medida con una regla graduada, colocada de la base de planta y diferenciada hasta la distancia final del pedúnculo floral.
- Cantidad de parcelas cosechadas en la primera y segunda campaña.

Variables evaluadas

Se realizaron calificaciones de las variables evaluadas según el ciclo vegetativo de las accesiones de trigo hasta la segunda campaña. Se elaboraron tablas con los resultados de las evaluaciones según la metodología de Panse & Sukhatme (1995).

Resultados

En la tabla 1 se muestran los porcentajes de emergencia de plántulas y grados de afectación por clorosis. El vivero internacional 24th FAWWON-SA registró 75 líneas con alta de emergencia de plántulas (75 a 100 %), seguida del vivero 24th FAWWON-IRR⁽¹⁾ con 49 líneas de alta emergencia, y el vivero 24th FAWWON-IRR⁽²⁾ con 34 líneas con alto porcentaje de emergencia, lo que indica un mayor porcentaje de emergencia de las líneas evaluadas en las condiciones de la estación experimental.

Asimismo, la mayoría de las líneas mostraron resistencia y moderada resistencia a la afectación por clorosis en las hojas basales, siendo mayor la resistencia del vivero

internacional 24th FAWWON-SA con 35 líneas. Finalmente, se observa que las líneas en estudio de los tres viveros presentan nulas áreas foliares cloróticas con severidad 9 (BS).

Tabla 1

Porcentaje de emergencia de plantas después de la germinación y evaluación de clorosis de las primeras hojas de las líneas de trigos facultativos (invierno x primavera) introducidos

Vivero	Plantas emergidas (%)				Calificación de respuesta a la clorosis			
	25-50	50-75	75-100	R	MR	MS	S	BS
24th FAWWON-IRR ⁽¹⁾ (1-100)	19	20	49	26	20	11	4	0
24th FAWWON-IRR ⁽²⁾ (101-179)	11	9	34	13	14	13	1	0
24th FAWWON-SA (201-287)	5	0	75	35	4	2	0	0

Resistente (R), moderadamente resistente (MR), moderadamente susceptible (MS), susceptible (S) y bastante susceptible (BS)

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 observamos las evaluaciones del espigado, respuesta a enfermedades y altura de las líneas de los tres viveros analizados en el estudio, las cuales fueron realizadas entre el 15 de abril al 10 de julio del 2018. Se aprecia que las calificaciones del vivero 24th FAWWON-IRR⁽¹⁾ presenta el 100% de espigado entre el 27 de abril y el 16 de mayo, a 150 días de la siembra. Con respecto a las enfermedades tenemos que a nivel de la roya amarilla presentan lesiones de 5 MS, 5 MR, 25 MS y 60 S, para la roya de la hoja de 5 MS a 60 S; para Septoria y Fusarium, se observa infecciones con rangos de 1, 3 y 5, a nivel de Virus BYD presento escalas de 1, 2, 3 y 5

plantas. En relación elación a la altura de plantas va de 0.45 a 1.35 m.

Respecto a las evaluaciones del vivero 24th FAWWON-IRR⁽²⁾, se registraron espigados al 100% entre el 26 de abril al 25 de junio. Respecto a las evaluaciones de enfermedades, en roya amarilla, presentan lesiones de tR, 10 MS, 5 MR, 40 MS y 60 S; y a nivel de roya de la hoja no se presentó infección alguna. Con respecto a Septoria y Fusarium, se observaron infecciones con rango de 1, 3 y 5 respectivamente, para el Virus BYD se observan escalas de 1, 2, 3 y 5 plantas. La altura de plantas varío de 0.9 a 1 cm, siendo éstas ideales para el cultivo.

Para el caso, de las evaluaciones reportadas del vivero 24th FAWWON-SA, el 100 % de espigado se registró entre el 1 de mayo y el 23 de julio. A nivel de enfermedades como la roya amarilla se presentan lesiones en la hoja de tR, 5 R, 5 MS, 10 MR y 40 S infecciones moderadas, respecto a la roya de la hoja, sólo la accesión 203 presentó 80S (80 % de susceptibilidad), el resto no presentó infección alguna. Respeto a *Septoria* y *Fusarium*

fue de 1, 3, 5 y 7 siendo resultados moderados, y con relación al Virus BYD vemos que sólo se presentaron entre 1 y 2 plantas. Las alturas de plantas variaron de 1.2 a 1.55 m, siendo las de mayores alturas con respecto a las demás. Para los sitios de campo abierto donde la exposición de los vientos es fuerte puede complicar el crecimiento de las mismas, dado que tienen el riesgo de encamarse.

Tabla 2

Evaluación de espigado, respuesta a enfermedades, altura de plantas de las accesiones de trigos facultativos (invierno x Primavera) introducidos

Vivero	Accesiones	Días al espigado	Calificación de líneas de acuerdo a la respuesta a enfermedades					
			Roya amarilla	Roya de la Hoja	Septoria	Fusarium	Virus BYD	Altura (min/máx.)
24th FAWWON-IRR ⁽¹⁾ (1-100)	01 – 25	76	20 MS	50S/60S	1	1,3	2 y 3	0.90/1.20
	25 – 50	69	5 MS / 60S	5MS/60S	1,3	1,3	1 y 2	0.45/1.25
	50 – 75	88	t, 25 MS / 30 S	20S	1	1,5	1 y 3	1.05/1.55
	75 – 100	95	5 MR, 40 MS	40S	1,3	1,3,5	1 y 5	0.95/1.35
	101 – 125	75	10 MS 10 MR 40 MS	0	1	1,3	1 y 3	0.90/1.15
24th FAWWON-IRR ⁽²⁾ (101-179)	125 – 150	76	tR 5 MR 40 MS	0	1	1,3	1 y 5	0.95/1.00
	150 – 175	116	tR – tMR	0	1,4	1,3	0	0.95/1.00
	175 – 179	135	tR 40 MS 60 S	0	1,3	1,5	1 y 2	1.00/1.35
	201 – 225	80	5R 25 MS 40 S	80S	1,3,7	1,3	1 y 2	1.20/1.25
24th FAWWON-SA (201-287)	225 – 250	102	tR/ 5 MR	0	1	1,3	1 y 2	1.25/1.55
	250 – 275	99	tR / 10 MR / 25 MS	0	1	1,3 y 5	1 y 2	1.20/1.45
	275 – 287	133	5 R / 5 MR	0	0	0	1	1.20/1.30

Resistente (R), moderadamente resistente (MR), moderadamente susceptible (MS), susceptible (S) y bastante susceptible (BS)

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestran las cantidades de las parcelas cosechadas en la primera campaña, las cuales se llevaron a cabo entre el 10 y 20 de agosto, y el 27 de setiembre del 2018 teniendo en cuenta a las líneas precoces, semi-precoces y tardías. Las primeras cosechas del vivero 24th FAWWON-IRR⁽¹⁾ muestran que en las accesiones del 1 al 25 se cosecharon 11 líneas con granos irregulares, regulares y buenos; en las accesiones del 26 al 50 se cosecharon 6 con granos regulares; y de las accesiones del 51 al 75 se cosecharon 5 granos buenos y de la accesión 76 al 100 se cosecharon 7 granos regulares.

Respecto al vivero 24th FAWWON-IRR⁽²⁾, en las accesiones 101 al 125, se cosecharon 6 líneas; de las accesiones 126 al 150, se cosechó solo 1 línea;

de las accesiones 151 al 175 se cosecharon 2 líneas y de las accesiones 176 al 179, sólo de cosechó una línea. Todas las líneas cosechadas mostraron granos irregulares, regulares y buenos; haciendo un total de 10 líneas.

Para la cosecha del vivero 24th FAWWON-SA, en las accesiones 201 al 225 se cosecharon 6 líneas; de las accesiones 226 al 250 se cosecharon 9 líneas; de las accesiones 251 al 275 se cosecharon 14 líneas; y de las accesiones 276 al 287 se cosecharon solamente 2 líneas; mostrando granos irregulares, regulares y buenos. Las colecciones de este vivero mostraron mayores cosechas respecto a las demás.

Tabla 3

Parcelas cosechadas en la primera campaña de las accesiones de trigos facultativos (Invierno x Primavera) introducidos (2017/18).

24th FAWWON-IRR (1)		24th FAWWON-IRR (2)		24th FAWWON-SA	
Accesiones	Parcelas cosechadas	Accesiones	Parcelas cosechadas	Accesiones	Parcelas cosechadas
01 – 25	11	101 – 125	6	201 – 225	6
26 – 50	6	126 – 150	1	226 – 250	9
51 – 75	5	151 – 175	2	251 – 275	14
76 – 100	7	176 – 179	1	276 – 287	2
TOTAL	29		10		31

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, las prioridades del programa de mejoramiento del CIMMYT es incrementar la

productividad de grano, la resistencia a enfermedades y la tolerancia al estrés abiótico

(Ortiz-Monasterio, Peña, Sayre & Rajaram, 1997). Para satisfacer la demanda alimenticia es fundamental obtener un grano de calidad, definido por las características físicas (Guzmán et al., 2017). El resultado de la cosecha de los tres viveros es muy variable y los granos cosechados van de irregulares, regulares y buenos; ello se debe a la variabilidad genética por efecto del medio ambiente, según Guzmán et al. (2017) las características de calidad de grano de un cultivar de trigo variarán con el medio ambiente. Por lo tanto, las estimaciones de ganancia genética deben provenir de entornos diversos.

Todas las accesiones y/o colecciones son líneas producto del cruce de trigos facultativos (Invierno x Primavera). Por tanto, actualmente contamos con trigos primaverales precoces y trigos invernales tardíos, pero se observa que

hay líneas resistentes a las bajas temperaturas y líneas de invierno con genes de primavera resistentes a sequía. Se reporta que las variedades de invierno difieren de las variedades de primavera: a) en el desarrollo de un tipo de plántula más o menos rastrera hasta que se presenta el tiempo frío; b) su capacidad de resistencia cuando se exponen al frío y c) su capacidad de tolerar temperaturas muy bajas después de ser expuestas al frío (Poehlman, 1966).

Dentro de los trigos de invierno existen grandes diferencias en la resistencia intrínseca al frío. Las variedades varían desde las poco tolerantes, algunas de las cuales se distinguen difícilmente de las variedades de primavera, hasta las más resistentes a las condiciones invernales.

Tabla 4

Parcelas cosechadas en la segunda campaña de las accesiones de trigos facultativos (invierno x primavera) introducidos (2018/19).

Accesiones	24th FAWWON-IRR (1)		24th FAWWON-IRR (2)		24th FAWWON-SA	
	Parcelas cosechadas	Accesiones	Parcelas cosechadas	Accesiones	Parcelas cosechadas	
01 – 25	9	101 – 125	0	201 – 225	0	
26 – 50	4	126 – 150	0	226 – 250	0	
51 – 75	3	151 – 175	5	251 – 275	0	
76 – 100	4	176 – 179	5	276 – 287	0	
TOTAL	20		10		0	

Fuente: Elaboración propia

Con la segunda cosecha de semillas de trigos facultativos según cuadro 4, el cual se dio inicio a mediados de noviembre del año 2018, en forma continua y alternada de acuerdo al periodo vegetativo de las plantas, precoces, semi precoces y tardías, hasta mediados de marzo del 2019, dejando las líneas del Vivero 24th FAWWO- SA, hasta el final de la cosecha donde no se registró parcelas cosechadas.

Estos resultados nos indican que al nivel de los viveros Internacionales, se tuvieron cosechas mayores en el vivero 24th FAWWON-IRR⁽¹⁾ donde se cosecharon 20 líneas, con pesos de 13 a 400 g. Respecto al vivero 24th FAWWON-IRR⁽²⁾ se cosecharon 10 líneas con pesos de 8 a 50 g.

Discusión

Siendo la emergencia de plántulas un factor preponderante para el desarrollo de las plantas de trigo, se observó que, las primeras plántulas que emergieron de las colecciones internacionales evaluadas presentaron clorosis y afectación de enfermedades. Respecto a la resistencia a bajas temperaturas, así como de la sequía, se observó colecciones de trigos resistentes, por tanto, se contó con trigos primaverales precoces y trigos invernales tardíos.

CIMMYT (1980) reporta que debe tenerse en cuenta que los trigos de invierno sufren una

interrupción de su desarrollo, causada por periodos continuos con bajas temperaturas

Cuando estos se siembran en el otoño están listos para cosecharse durante el verano siguiente, es decir de 10 a 11 meses después de haber sido sembrados. Si no se presentan las bajas temperaturas, estas plantas no amollarían ni florecerían y por tanto, tampoco producirían ni espigas ni granos. Se reporta que debe tenerse en cuenta que en este caso de cruzas de trigos primaverales x invernales, se necesitan 7 años para obtener variedades estables (CIMMYT, 1974).

Nuestros resultados obtenidos del material internacional en la introducción de trigos facultativos, a condiciones agroecológicas del Valle del Mantaro, muestran resistencias favorables a las limitantes evaluadas, por lo que el estudio de adaptación y aclimatación para mejorar las variedades de trigo con características de susceptibilidad a enfermedades y bajos rendimientos, es aún un trabajo a largo plazo. Proponemos que estas líneas introducidas en un corto plazo podrían suplantar a variedades adaptadas en el Perú en cuanto se refiere al rendimiento en grano y resistencia a enfermedades.

Conclusión

Nuestros resultados indican que las 287 líneas facultativas (invierno x primavera) procedentes del ICARDA y CIMMYT se están

adaptando al valle del Mantaro por lo que existen buenas proyecciones en la adaptación de las variedades en estudio, muy a pesar a los factores limitantes.

Agradecimiento

Agradecer al Centro Internacional del Maíz y el Trigo (CIMMYT) y al Centro internacional de investigación agrícola en las zonas secas (ICARDA) por el material biológico, así mismo al Ing. José Calderón Castillo, investigador Emérito que es paz descance.

Contribución de los autores

LCC, Recolector de datos de campo, formulado del proyecto
DPGG, Redacción del artículo, revisión final del artículo.
RCSP, Recolección de datos, análisis de resultados, discusión.

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Lev-Yadun, S. & Gopher, A. (2012). Plant domestication and crop evolution in the near East: On Events and processes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31(3), 241–257. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.645428>
- Bajwa, A. A.; Farooq, M.; Al-Sadi, A. M.; Nawaz, A.; Jabran, K.; Siddique, K. H. M. (2020). Impact of climate change on biology and management of wheat pests. *Crop Protection*, 137, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105304>
- Castaño-Zapata, J. & Del Río, L. (1993). Diagramas de severidad para cuantificar daños provocados por Stenocarpella sp en maíz (*Zea mays L.*). *CEIBA*, 34(2), 249–260
- CIMMYT. (2007) Matemáticas en un banco de genes. CIMMYT. E - News, Vol. 4, N° 7. DF. México. 2007.
- CIMMYT. (1974) Revisión de Programas, cruzamientos de trigos de primavera y de invierno. México. DF. 1974 – 91 pp.
- CIMMYT. (1980) Ensayos de los Conjuntos Genéticos – Cruzas de Trigos Harineros Primaverales x Invernales. México DF. – 12 pp.
- Chen, X. M. (2005). Epidemiology and control of stripe rust [*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*] on wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27(3), 314–337. <https://doi.org/10.1080/07060660509507230>

FAO. (2019). FAO Cereal supply and demand Brief. Retrieved September 10, 2020, from https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/FAO_Cereal_Supply_and_Demand_Brief.pdf

Garay Canales, Ó. & Ochoa Acevedo, Á. (2010). Primera aproximación para la identificación de diferentes tipos de suelo agrícola en el valle del río Mantaro. (Y. Silva Vidal, Ed.). Lima, Perú: Instituto Geofísico del Perú (IGP). Retrieved from <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/incagro/datos/manual.pdf>

Reynolds, M. P.; Pask, A. J. D.; Mullan, D. M. & Chavez-Dulanto, P. N. (2013). *Fitomejoramiento fisiológico I: enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo*. CIMMYT.

Guzmán, C.; Autrique, E.; Mondal, S.; Huerta-Espino, J.; Singh, R. P.; Vargas, M.; Crossa, J.; Amaya, A.; Peña, R. J. (2017). Genetic improvement of grain quality traits for CIMMYT semi-dwarf spring bread wheat varieties developed during 1965–2015: 50 years of breeding. *Field Crops Research*, 210, 192–196. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.002>

INEI. (2018). Capítulo 13. Agrario. In Compendio Estadístico Perú, 2018 (pp. 951–1037). Lima, Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Retrieved from https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/cap13/cap13.pdf

Joshi, A. K.; Chand, R.; Arun, B.; Singh, R. P.; Ortiz, R. (2007). Breeding crops for reduced-tillage management in the intensive, rice-wheat systems of South Asia. *Euphytica*, 153(1–2), 135–151. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9249-6>

Kuźniar, A.; Włodarczyk, K.; Grządziel, J.; Goraj, W.; Gałazka, A.; Wolińska, A. (2020). Culture-independent analysis of an endophytic core microbiome in two species of wheat: *Triticum aestivum* L. (cv. 'Hondia') and the first report of microbiota in *Triticum spelta* L. (cv. 'Rokosz'). *Systematic and Applied Microbiology*, 43(1), 126025. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2019.126025>

Lantican, M. A.; Braun, H. J.; Payne, T. S.; Singh, R. P.; Sonder, K.; Baum, M.; ...Erenstein, O. (2016). Impacts of International Wheat Improvement Research, 1994-2014. Mexico D.F.: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). Retrieved from <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4822/57826.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Lo Valvo, P. J.; Miralles, D. J.; Serrago, R. A. (2018). Genetic progress in Argentine bread wheat varieties released between 1918 and 2011: Changes in physiological and numerical yield components. *Field Crops Research*, 221, 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.08.014>

Moreno, I.; Ramírez, A.; Plana, R.; Iglesias, L. (2001). El Cultivo del Trigo. Algunos resultados de su producción En Cuba. *Cultivos Tropicales*, 22(4), 55–67.

- Noli, E. C.; Ordoñez, J. H.; Canto, A. (2006). Evaluación de variedades de trigo de invierno para forraje verde en la sierra central del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/585>
- Ofek-Lalzar, M.; Gur, Y.; Ben-Moshe, S.; Sharon, O.; Kosman, E.; Mochli, E. & Sharon, A. (2016). Diversity of fungal endophytes in recent and ancient wheat ancestors *Triticum dicoccoides* and *Aegilops sharonensis*. *FEMS Microbiol Ecol*, 92(10), 1–26. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw152>
- Ortiz-Monasterio, J.; Peña, R.; Sayre, K. D.; Rajaram, S. (1997). CIMMYT's Genetic Progress in Wheat Grain Quality under Four Nitrogen Rates. *Crop Science*, 37(3), 892–898. <https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183x003700030032x>
- Pérez, A.; Leyva, D. A.; Gómez, F. C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), 175–189.
- Peterson, R.; Campbell, A.; Hannah, A. (1948). A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*, 26, 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>.
- Verma, P. & Suman, A. (2018). Wheat microbiomes: Ecological significances, molecular diversity and potential bioresources for Sustainable Agriculture. *EC Microbiology*, 14(9), 641–665.
- Rattey, A., & Shorter, R. (2010). Evaluation of CIMMYT conventional and synthetic spring wheat germplasm in rainfed sub-tropical environments. I. Grain yield. *Field Crops Research*, 118(3), 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.006>
- Reynolds, M.; Foulkes, M. J.; Slafer, G. A.; Berry, P.; Parry, M. A. J.; Snape, J. W.; Angus, W. J. (2009). Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60(7), 1899–1918. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp016>
- Silva, Y.; Takahashi, K.; Chávez, R. (2008). Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). *Advances in Geosciences*, 14, 261–264. <https://doi.org/10.1002/joc>
- Soares Chaves, M.; Pinto da Silva, G. B.; Caierão, E.; Federizzi, L. C.; Martinelli, J. A. (2020). A century of wheat breeding in Brazil: The origin and inheritance of the Ir34 locus in wheat varieties released from 1922 to 2016. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20(2), 1–11. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n2a23>
- Tottman, D. R. (1987). An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Annals of Applied Biology*, 110(2), 441–454. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1979.tb06534.x>
- Yana, E. (2018). Identificación de genotipos de trigo harinero (*Triticum aestivum* s sp *aestivum*) tolerantes a sequía empleando indicadores morfológicos y fisiológicos. [Tesis para optar el grado de Maestro. Universidad Nacional Agraria La Molina]