



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
ESCUELA DE POSGRADO



DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**“Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia
hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en
la parte baja del valle Chancay, región Lambayeque,
2016-2017”**

TESIS

**Presentada para optar el Grado Académico de
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

AUTORES:

M.Sc. Neciosup Gallardo, José Avercio
M.Sc. Vega Figueroa, Edgar Elí

ASESOR:

Dr. Vargas Rosado, César Alfredo

LAMBAYEQUE - PERÚ
2020

PRESENTADO POR:



M.Sc. JOSÉ AVERCIO NECIOSUP GALLARDO
AUTOR



M.Sc. EDGAR ELÍ VEGA FIGUEROA
AUTOR



DR. CÉSAR VARGAS ROSADO
Asesor

APROBADO POR:



Dr. Horacio de la Cruz Silva
Presidente



Dr. Américo Celada Becerra
Secretario



Dr. Luis Armando Toledo Casanova
Vocal

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

068

Siendo las 12:30 horas del día martes 19 de Noviembre del año Dos Mil diecinueve 2019-EPG, en la Sala de Sustentación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se reunieron los miembros del Jurado, designados mediante Resolución N° 1583-2019-EPG de fecha 19-11-2019, conformado por:

<u>Dr. HORACIO DE LA CRUZ SILVA</u>	PRESIDENTE (A)
<u>Dr. AMERICO CELADA BECERRA</u>	SECRETARIO (A)
<u>Dr. LUIS ARMANDO TOLEDO CASANOVA</u>	VOCAL
<u>Dr. CÉSAR ALFREDO VARGAS ROSADO</u>	ASESOR (A)

Con la finalidad de evaluar la tesis titulada Acclimatación y adaptación a Condiciones de Deficiencia hídrica de Material Genético de Trigo (Triticum aestivum L.) en la Pásta Baja del Valle Chocoma, Región Lambayeque 2016-2017

presentado por el (la) Tesista JOSÉ ABRARIO NEVOSUP CALINOS y Jorge Elvira Figueroa sustentación que es autorizada mediante Resolución N° 1583-2019-EPG de fecha 11 de Noviembre de 2019

El Presidente del jurado autorizó del acto académico y después de la sustentación, los señores miembros del jurado formularon las observaciones y preguntas correspondientes, las mismas que fueron absueltas por el (la) sustentante, quien obtuvo 86 puntos que equivale al calificativo de MUY BUENO

En consecuencia el (la) sustentante queda apto (a) para obtener el Grado Académico de: DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

Siendo las 2 Pm. horas del mismo día, se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta.

[Firma]
PRESIDENTE

[Firma]
SECRETARIO

11/2019

[Firma]
VOCAL
L. TOLEDO C

[Firma]
ASESOR
Dr. LUIS JAIME COLLANTES SANTISTE
Director Académico

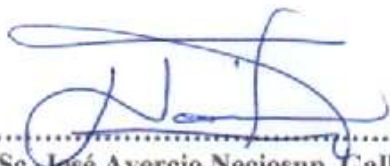
A: La existencia del acta en los libros de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; ha verificada por la Sra. Moraima Vera Pozo, quien con su firma da fe de lo mencionado

[Firma]
Sra. Moraima Vera Pozo
Trabajadora Administrativa

Declaración jurada de originalidad

Nosotros, **José Avercio Neciosup Gallardo** y **Edgar Elí Vega Figueroa**, investigadores principales y **César Vargas Rosado**, asesor del trabajo de investigación **“Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del valle Chancay, Región Lambayeque, 2016 – 2017”**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiere lugar, que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 12 de febrero del 2020



M. Sc. José Avercio Neciosup Gallardo
Investigador



M. Sc. Edgar Elí Vega Figueroa
Investigador



Dr. César Vargas Rosado
Asesor

DEDICATORIA

- **Con todo mi amor a mi esposa Maritza, y a mis amados hijos Héctor Manuel, José Aarón, Jesús Jacob y Josué Moisés.**
- **A la memoria de mis queridos y ejemplares Padres:**

Atilio Neciosup Castillo

Anicia Gallardo Gil

José Avercio Neciosup Gallardo

DEDICATORIA

- **A mi adorable esposa Concepción y a mis entrañables hijas Eliana y Analí por sus alientos constantes en la consecución de este objetivo.**
- **A la memoria de mis padres Olegario y Eulalia que dejaron una huella indeleble en mi vida.**

Edgar Elí Vega Figueroa

AGRADECIMIENTO

- **A nuestro Dios, por iluminarnos y concedernos toda la fuerza y voluntad para culminar nuestro trabajo.**
- **A nuestras familias, por todo el apoyo moral para lograr esta importante meta.**
- **A nuestro Asesor Dr. César Vargas Rosado, por el apoyo intelectual y acertada guía para culminar y concluir satisfactoriamente el presente trabajo de investigación**
- **A los Miembros de Jurado Dr. Horacio de la Cruz, Dr. Luis Toledo Casanova y Dr. Américo Celada Becerra por las atenciones concedidas.**
- **A los estudiantes, personal administrativo y personal del Fundo “La Peña” de la Facultad de Agronomía por su importante apoyo en la ejecución del trabajo de investigación.**

ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAP. I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	5
1.1. Ubicación.....	5
1.2. Como surge el problema.....	5
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Justificación e importancia del estudio.....	5
1.5. Metodología.....	6
1.5.1. Hipótesis.....	6
1.5.2. Variables.....	6
1.5.3. Diseño de contrastación de hipótesis.....	7
1.5.4. Tratamientos.....	7
1.5.5. Material genético.....	7
1.5.6. Población y muestra.....	8
1.5.7. Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	8
1.5.8. Métodos y procedimientos para la recolección de datos.....	9
1.5.8.1. Características físicas y químicas del suelo experimental.....	10
1.5.8.2.Determinación de las constantes de humedad.....	10
1.5.8.3.Determinación del porcentaje de humedad del suelo.....	11
1.5.8.4.Determinación de datos meteorológicos.....	14
1.5.8.5.Conducción y manejo del campo experimental.....	14
1.5.8.6.Análisis estadístico de los datos.....	17
CAP. II. REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1. Marco Teórico.....	19
2.1.1. Aclimatación.....	19
2.1.2. Adaptación.....	20
2.2. Base Teórica.....	21
2.2.1. Origen del trigo.....	21
2.2.2. Taxonomía.....	21
2.2.3. Características morfológicas.....	22
2.2.4. Requerimiento edafoclimáticos.....	24

2.2.5.	Genética.....	24
2.2.6.	Clasificación.....	25
2.2.7.	Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo.....	26
2.2.8.	El agua en las plantas.....	27
2.2.9.	Deficiencia hídrica y respuestas de las plantas.....	28
2.2.10.	Antecedentes.....	30
CAP. III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1.	Análisis de variancia.....	44
3.2.	Análisis de las características evaluadas.....	44
3.2.1.	Días a la madurez de cosecha.....	44
3.2.2.	Altura de planta.....	47
3.2.3.	Número de macollos por metro cuadrado.....	55
3.2.4.	Número de espigas por metro cuadrado.....	56
3.2.5.	Longitud de espiga.....	64
3.2.6.	Número de granos por espiga.....	65
3.2.7.	Materia seca total.....	73
3.2.8.	Rendimiento de grano.....	74
3.3.	Comparación de los tratamientos de humedad riego – déficit hídrico	83
3.4.	Índice de susceptibilidad a sequía (ISS), Índice de tolerancia a sequía (ITS), e índice de estabilidad del rendimiento (YSI).....	86
3.5.	Análisis de clúster.....	88
3.6.	Modelo conceptual de tolerancia a sequía.....	89
CAP. IV.	CONCLUSIONES	92
CAP. V.	RECOMENDACIONES	94
CAP. VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
CAP.VII	ANEXO	102

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla N° 01	Análisis físico-químico del suelo experimental de La Peña, Lambayeque-Perú, 2016.	10
Tabla N° 02	Porcentajes de humedad registrados durante el desarrollo del trabajo de investigación, en cada uno de Ciclos de siembra y los ambientes de humedad, con una frecuencia semanal. Fundo “La Peña”, Región Lambayeque – Perú, 2016 - 2017.	12
Tabla N° 03	Datos meteorológicos observados durante el desarrollo del trabajo experimental. Lambayeque - Perú, 2016 – 2017.	15
Tabla N° 04	Análisis de variancia de las características evaluadas en 36 materiales genéticos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.), para aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	45
Tabla N° 05	Días a la madurez de cosecha. Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	48
Tabla N° 06	Altura de planta (cm). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	52
Tabla N° 07	Número de macollos por metro cuadrado. Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	57
Tabla N° 08	Número de espigas por metro cuadrado. Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	61
Tabla N° 09	Longitud de espiga (cm). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay,	66

Región Lambayeque- Perú, 2016 - 2017.

Tabla N° 10	Número de granos por espiga. Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	70
Tabla N° 11	Materia seca total (kg/ha). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	75
Tabla N° 12	Rendimiento de grano (kg/ha). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	80
Tabla N° 13	Rendimiento de grano durante tres ciclos de siembra en condiciones de deficiencia hídrica de 36 genotipos de trigo. Fundo “La Peña”, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	84
Tabla N° 14	Promedios de las características evaluadas de 36 genotipos de trigo, evaluados en condiciones de déficit hídrico (R0) y riego (R1), diferencia R1 – R0 y relación R0 respecto a R1. Fundo “La Peña”, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	87
Tabla N° 15	Índice de susceptibilidad a sequía (ISS), índice de estabilidad de rendimiento (YSI) e índice de tolerancia a sequía (ITS). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 01	Porcentaje de humedad semanal en los tres ciclo de siembra y dos ambientes. de humedad. Fundo "La Peña", Distrito y Región Lambayeque - Perú, 2016- 017	13
Figura 02	Temperaturas máxima y mínima y humedad relativa, Ciclo 1. Fundo "La Peña", Lambayeque – Perú, 2016	16
Figura 03	Temperaturas máxima y mínima y humedad relativa, Ciclo 2. Fundo "La Peña", Lambayeque – Perú, 2017.	16
Figura 04	Temperaturas máxima y mínima y humedad relativa, Ciclo 3. Fundo "La Peña", Lambayeque - Perú 2017.	16
Figura 05	Madurez de cosecha de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y deficit hidrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	49
Figura 06	Madurez de cosecha de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	50
Figura 07	Altura de planta de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y déficit hidrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	53
Figura 08	Altura de planta de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	54
Figura 09	Número de macollos por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y déficit hidrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	58
Figura 10	Número de macollos por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 – 2017	59
Figura 11	Número de espigas por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y déficit hidrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 – 2017	62
Figura 12	Número de espigas por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum</i>	63

aestivum L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 – 2017

Figura 13	Longitud de espiga de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	67
Figura 14	Número de espigas por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 – 2017	68
Figura 15	Número de granos por espiga de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 – 2017	71
Figura 16	Número de granos por espiga de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	72
Figura 17	Materia seca total de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	76
Figura 18	Materia seca total de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	77
Figura 19	Rendimiento de grano de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	81
Figura 20	Rendimiento de grano de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	82
Figura 21	Rendimiento de grano de 36 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), durante tres ciclos de siembra bajo condiciones de deficiencia hídrica y riego. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017	85

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Región Lambayeque-Perú, geográficamente ubicado a 5°10' de Latitud Sur y a 78.45' de Longitud Oeste y una altitud de 18 m.s.n.m., cuyo objetivo fue: Determinar la aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo. Las condiciones edafoclimáticas fueron adecuadas. Se determinó la Capacidad de campo (12.20%) y Punto de Marchitez Permanente (3.36%) del suelo; así como los porcentajes de humedad con una frecuencia semanal hasta iniciar la etapa reproductiva. Se estableció tres ciclos de siembra (C_1 , C_2 , C_3), cada uno de ellos con dos tratamientos de humedad (R_1 = Riego y R_0 = Déficit hídrico), con tres repeticiones cada tratamiento y 36 genotipos de trigo. Se adecuó al Diseño Experimental de Experimento en Series con Bloques Completos al Azar. Según los resultados, se concluyó: **1.** Los genotipos **FAG-3-UNPRGLAM, FAG-4-UNPRGLAM, FAG-11-UNPRGLAM, FAG-13-UNPRGLAM, FAG-14-UNPRGLAM, FAG-20-UNPRGLAM, FAG-39-UNPRGLAM, FAG-47-UNPRGLAM FAG-48-UNPRGLAM**, registraron los mayores rendimientos de grano promedio en condiciones de R_0 con 4214.81, 4129.63, 4225.93, 4122.22, 4992.59, 4092.59, 4148.15, 4148.15 y 4448.15 kg/ha. **2.** La deficiencia hídrica afectó más a los genotipos: **FAG-2-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM FAG-25-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM y FAG-57-UNPRGLAM**, que redujeron su rendimiento de grano en 62.17, 61.66, 61.38, 58.75, 58.08, 57.14 y 56.89 %. **3.** La deficiencia hídrica impuesta en los materiales genéticos, en forma reiterada, a través de C_1 , C_2 y C_3 condujo a un incremento gradual del rendimiento de grano, de 2361.26, 3478.70 y 4907.78 kg/ha. **4.** El efecto de R_0 sobre el rendimiento de grano, comparado con R_1 , se redujo a través de C_1 , C_2 y C_3 en 59.03, 50.18 y 44.21 %, respectivamente.

ABSTRACT

This research was carried out in the Lambayeque-Peru Region, geographically located at 5 ° 10 'South Latitude and 78.45' West Longitude and an altitude of 18 meters above sea level, whose objective was: To determine the acclimatization and adaptation to water deficiency conditions of wheat genetic material. Edaphoclimatic conditions were adequate. The Field Capacity (12.20%) and Permanent Wilt Point (3.36%) of the soil were determined; as well as the humidity percentages with a weekly frequency until the reproductive stage begins. Three planting cycles (C1, C2, C3) were established, each with two moisture treatments (R1 = Irrigation and R0 = Water deficit), with three repetitions each treatment and 36 wheat genotypes. It was adapted to the Experimental Design of Series Experiment with Random Complete Blocks. According to the results, it was concluded: 1. Genotypes FAG-3-UNPRGLAM, FAG-4-UNPRGLAM, FAG-11-UNPRGLAM, FAG-13-UNPRGLAM, FAG-14-UNPRGLAM, FAG-20-UNPRGLAM, FAG-39 -UNPRGLAM, FAG-47-UNPRGLAM FAG-48-UNPRGLAM, recorded the highest average grain yields in conditions of R0 with 4214.81, 4129.63, 4225.93, 4122.22, 4992.59, 4092.59, 4148.15, 4148.15 and 4448.15 kg / ha. 2. Water deficiency affected genotypes the most: FAG-2-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM FAG-25-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM and FAG-57- UNPRGLAM, which reduced their grain yield by 62.17, 61.66, 61.38, 58.75, 58.08, 57.14 and 56.89%. 3. The water deficiency imposed on genetic materials, repeatedly, through C1, C2 and C3 led to a gradual increase in grain yield of 2361.26, 3478.70 and 4907.78 kg / ha. 4. The effect of R0 on grain yield, compared to R1, was reduced through C1, C2 and C3 by 59.03, 50.18 and 44.21%, respectively.

INTRODUCCIÓN

En el contexto mundial, más de 2000 millones de personas viven en países que experimentan altos niveles de estrés hídrico; asimismo, refiere que estimaciones recientes muestran que 31 países sufren un estrés hídrico de entre el 25% (considerado como el umbral mínimo de estrés hídrico) y el 70%. Otros 22 países están por encima del 70%, y por lo tanto en condiciones de estrés hídrico grave. Se ha estimado que aproximadamente 4000 millones de personas, casi dos terceras partes de la población mundial, padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. La agricultura (incluyendo el riego, la ganadería y la acuicultura) es, con mucho, el mayor consumidor de agua, ya que representa el 69% de las extracciones anuales de agua a nivel mundial. La industria (incluida la producción de energía) representa el 19%, y las familias el 12%. Si bien las proyecciones específicas pueden variar un poco, es probable que la parte correspondiente a la agricultura en el uso total del agua disminuya en comparación con otros sectores, pero seguirá siendo el mayor usuario en general en las próximas décadas, tanto en lo que a extracción de agua como al consumo de la misma se refiere (UNESCO, 2019).

En el Perú gran parte de su territorio nacional, está expuesto a periódicas sequías, incluyendo regiones importantes de costa y sierra, cuya intensidad estaría asociada a la ocurrencia de condiciones climáticas especiales, inversas al fenómeno “El Niño”. Asimismo, reporta que los daños de las sequías inciden fundamentalmente en la agricultura, provocando pérdidas económicas mayores en las áreas dependientes directamente de la lluvia (agricultura de secano). En la sierra, ubicada mayormente en la vertiente del Atlántico, aproximadamente el 95% de las tierras de cultivo son en secano (1'200,000 ha). Los períodos críticos afectan en forma inmediata a la producción agrícola, impactando severamente la economía de la población. De ahí que en la costa se ha registrado 126 ocurrencias. En la vertiente del Atlántico se han reportado 11 eventos. Las sequías en el Altiplano son severas, siendo de mayor vulnerabilidad por tener una alta fluctuación de la precipitación; allí se ha reportado 25 eventos. En total, en todo el país se afectaron 66,724 familias y 33,2087 ha. En el 2011, eventos de sequía afectaron a los departamentos de Arequipa, Cajamarca, Lambayeque, Piura, La Libertad, Lima, Moquegua, Tacna, Amazonas, Huánuco, San Martín, Junín y Puno (Soto y Del Castillo, 2013).

La región ubicada en la costa norte del país, se caracteriza por ser una zona árida de clima semi-cálido con alta humedad atmosférica y escasas precipitaciones, que están casi siempre debajo de 50 mm anuales. Con estas características, se desarrolla una agricultura de mucho riesgo, considerando que depende de las lluvias de temporal que ocurren en la sierra de Cajamarca, cuyas aguas son almacenadas en el reservorio de Tinajones, que deben garantizar la campaña agrícola. Por lo tanto, la ocurrencia de una distribución errática de las lluvias en la serranía, ocasiona problemas en la agricultura local y en la costa generalmente, provocando pérdidas económicas y encarecimiento de los alimentos de primera necesidad.

Debido al cambio climático y los procesos de desertización que ocurren en todo el mundo, en un futuro probablemente la única manera de cultivar plantas sea en condiciones de déficit hídrico permanente. Desde esta perspectiva es necesario tener cultivares con mayor resistencia o tolerancia al déficit hídrico. Aunque la mayoría de las plantas que presentan ventaja frente al estrés hídrico no son de interés económico, es posible obtener plantas cultivables tolerantes, por transferencia genética. Muchos de los genes que se inducen por estrés caracterizados en los diferentes estudios citados y en otros, son candidatos potenciales para la producción de plantas cultivables tolerantes o resistentes al déficit hídrico (Moreno, 2009).

El Ministerio de Agricultura (2012), mediante un documento, considera en el Plan de Gestión del Riesgo y Adaptación al cambio climático del sector agrario para el periodo 2012 – 2021, como objetivo general “Reducción de los riesgos climáticos, vulnerabilidades y disminución de los efectos negativos del Cambio Climático en el Sector Agrario, a través de estrategias, lineamiento de políticas y acciones consensuadas con las regiones”. De allí que teniendo en cuenta como riesgo el fenómeno de sequía, es necesario plantear como una de las alternativas, investigar el comportamiento de material genético de las especies cultivadas en condiciones de deficiencia hídrica, con el objetivo de ir aclimatando y adaptando, desde un punto de vista hereditario, material genético que pueda crecer, desarrollar y producir en dichas condiciones

A partir de esta condición natural adversa, es necesario recurrir a estrategias que permitan afrontarla, siendo una de ellas, realizar trabajos de investigación de mediano y largo plazo, en el presente trabajo se evalúa el material genético de trigo, el cual se sometió a condiciones de

deficiencia hídrica para detectar material que se adapte a dichas condiciones, persiguiendo los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

- **Objetivo general**

- ✓ Determinar la aclimatación y adaptación a las condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo en la parte baja del Valle Chancay - Lambayeque.

- **Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la aclimatación del material genético de trigo a condiciones de deficiencia hídrica en tres ciclos de siembra.
- ✓ Determinar el efecto de la deficiencia hídrica sobre el crecimiento y desarrollo de material genético de trigo.
- ✓ Determinar el efecto de la deficiencia hídrica sobre el rendimiento de grano y sus componentes principales.

CAP. I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el fundo “La Peña”, Distrito, Provincia y Región Lambayeque, entre el mes de setiembre del 2016 y el mes de enero del 2018. Geográficamente el lugar de ejecución, se encuentra ubicado en el norte de la costa peruana, incluido entre las coordenadas geográficas 5 28’36” y 7 14’37” de latitud sur y 79 41’30” y 80 37’23” de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altitud de 18 m.s.n.m. Imagen N° 01



Imagen N° 01. Vista satelital Fundo “La Peña” – UNPRG - Lambayeque

1.2. COMO SURGE EL PROBLEMA

El clima en Lambayeque es desértico; siendo considerado BWh, según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual es 22.3 °C. Las precipitaciones son muy escasas durante todo el año. Por la naturaleza de su clima, se tiene una agricultura dependiente de las precipitaciones que ocurren en la sierra de Cajamarca, las cuales al producirse en forma errática, provoca sequía en dicha zona y afecta indirectamente y seriamente a la agricultura de nuestra región; esta situación nos obliga, recurrir a estrategias que permitan afrontarlo. Trabajos de investigación de mediano y largo plazo podrían ayudar a afrontar esta situación; el manejo de material genético de cultivos, mediante un proceso de aclimatación puede afectar favorablemente para que se adapten a condiciones de deficiencia hídrica.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El material genético de trigo tiene capacidad para aclimatarse y adaptarse bajo condiciones de deficiencia hídrica en la costa del Perú?

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Científicamente, es posible aclimatar y adaptar a condiciones de deficiencia hídrica en la parte baja del valle Chancay, el material genético de trigo, con rendimientos de grano similares a los obtenidos en condiciones controladas.

Tecnológicamente, causará un impacto positivo en la región, considerando que el material genético de trigo aclimatado y adaptado a condiciones de deficiencia hídrica, reducirá las necesidades hídricas del cultivo que necesita bajo condiciones controladas.

Socialmente, la comunidad agrícola lambayecana y nacional se beneficiará con la producción por unidad de superficie del material genético aclimatado y adaptado a condiciones de deficiencia hídrica; el beneficio se reflejará también en una reducción del impacto económico negativo causado por este fenómeno adverso, para los agricultores.

Económicamente, los agricultores de la región podrían sembrar en épocas de escasez del recurso hídrico el material genético de trigo sobresaliente, aclimatado y adaptado,

por cierto con una reducción en la producción por unidad de superficie, pero con ingresos económicos a su favor.

Ambientalmente, demuestra que es posible la aclimatación y adaptación del material genético de trigo, que puede constituir una alternativa de siembra en épocas de escasez de agua; buscando tener una agricultura más sostenible y en armonía con el medio ambiente.

1.5. METODOLOGÍA

1.5.1. Hipótesis

Los materiales genéticos de trigo sometidos a condiciones de deficiencia hídrica se pueden aclimatar progresivamente, adaptándose a dichas condiciones, reflejándose esto en la producción de grano por unidad de superficie.

1.5.2. Variables

Variable dependiente : Aclimatación

Variable independiente : Comportamiento de material genético

El comportamiento comprendió las siguientes características:

- ✓ Madurez Cosecha
- ✓ Número de espigas por m²
- ✓ Número de macollos por m²
- ✓ Altura de planta
- ✓ Longitud de espiga
- ✓ Número de granos por espiga
- ✓ Materia seca total
- ✓ Rendimiento de grano
- ✓ Índice de tolerancia a la sequía
- ✓ Índice de susceptibilidad a la sequía
- ✓ Índice de estabilidad del rendimiento en sequía

1.5.3. Diseño de contrastación de hipótesis

Es un trabajo de investigación adecuado a un Diseño Experimental denominado Serie de Experimentos con Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones. Por la naturaleza del trabajo y el diseño indicado, se estableció tres ciclos de siembra: 1^{er} Ciclo de Siembra, se realizó en el mes de setiembre del 2016; 2^{do} Ciclo de Siembra, se realizó en el mes de mayo del 2017 y el 3^{er} Ciclo de Siembra, se efectuó en el mes de setiembre del 2017; de tal manera que los materiales genéticos sufrieran un proceso de aclimatación y adaptación. A parte de haber contrastado los materiales genéticos en condiciones de deficiencia hídrica para observar el progreso de aclimatación durante los tres ciclos de siembra, fue importante incluir en este proceso la comparación con el desarrollo y crecimiento de los mismos bajo condiciones controladas o condiciones normales de humedad, para estimar el efecto de deficiencia hídrica sobre las características morfológicas y de rendimiento.

1.5.4. Tratamientos

➤ **Tratamientos de humedad en estudio**

- **Deficiencia hídrica (R0)**, los materiales genéticos se sometieron a deficiencia hídrica, luego de tres riegos adicionales al riego de germinación, los cuales se efectuaron a los 10, 25 y 35 días después de la siembra (dds).
- **Riego (R1)**, los materiales genéticos se condujeron bajo condiciones normales de humedad. Los riegos se realizaron a los 10, 25, 35, 50, 65 dds.

➤ **Ciclos de siembra**

- **Ciclo 1:** Se instaló en el mes de setiembre del 2016
- **Ciclo 2:** Se instaló en el mes de mayo del 2017
- **Ciclo 3:** Se instaló en el mes de setiembre del 2017

1.5.5. Material genético

Se evaluaron 35 materiales genéticos de trigo. Este material es producto de una selección de espigas en el 2014, teniendo como base material genético para condiciones semiáridas introducido en el 2005 del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo – CIMMYT, México. Estos materiales sufrieron

mezclas y las claves genéticas se confundieron. Para formar este material se aplicó la teoría de línea pura de Johannsen, 1857 – 1927, por el cual la descendencia de una espiga son individuos homocigotos en todos sus caracteres, o con su pureza genética. El material fue multiplicado, para su utilización en ensayos o trabajos de investigación como el presente. Se incluyó como material testigo, a la variedad Andino, que es una de las variedades que comúnmente siembra el campesino de las Zona Andina del Perú.

01. FAG-1-UNPRGLAM	13. FAG-18-UNPRGLAM	25. FAG-47-UNPRGLAM
02. FAG-6-UNPRGLAM	14. FAG-20-UNPRGLAM	26. FAG-48-UNPRGLAM
03. FAG-8-UNPRGLAM	15. FAG-22-UNPRGLAM	27. FAG-4-UNPRGLAM
04. FAG-9-UNPRGLAM	16. FAG-23-UNPRGLAM	28. FAG-50-UNPRGLAM
05. FAG-10-UNPRGLAM	17. FAG-25-UNPRGLAM	29. FAG-51-UNPRGLAM
06. FAG-11-UNPRGLAM	18. FAG-26-UNPRGLAM	30. FAG-52-UNPRGLAM
07. FAG-12-UNPRGLAM	19. FAG-27-UNPRGLAM	31. FAG-53-UNPRGLAM
08. FAG-13-UNPRGLAM	20. FAG-32-UNPRGLAM	32. FAG-54-UNPRGLAM
09. FAG-14-UNPRGLAM	21. FAG-35-UNPRGLAM	33. FAG-55-UNPRGLAM
10. FAG-15-UNPRGLAM	22. FAG-40-UNPRGLAM	34. FAG-57-UNPRGLAM
11. FAG-16-UNPRGLAM	23. FAG-43-UNPRGLAM	35. FAG-58-UNPRGLAM
12. FAG-17-UNPRGLAM	24. FAG-46-UNPRGLAM	36. ANDINO (Testigo)

1.5.6. Población y muestra

Para medir cada característica e indicadores se tomó una muestra adecuada por parcela, para cada condición de humedad y para cada ciclo de siembra.

Área experimental por tratamiento de humedad

Ambientes de humedad	:	2
Nº repeticiones/ambiente	:	3
Parcelas / repetición	:	35
Nº de surcos / parcela	:	4
Longitud de parcela	:	3.00 m
Ancho de parcela	:	0.80 m
Área de parcela	:	2.40 m ²
Área neta	:	252.00 m ²
Área Total	:	378.00 m ²

1.5.7. Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Recursos humanos**
 - ✓ Autores
 - ✓ Investigador asesor
 - ✓ Profesionales e investigadores colaboradores
- **Recursos materiales, maquinaria y equipos**
 - ✓ **Materiales de escritorio:** lápices, lapiceros, marcadores, libretas de campo, resaltadores, grapas, borradores, papel bond.
 - ✓ **Materiales de campo:** libretas de campo, bolsas de papel, bolsas plásticas, reglas, cordel, wincha, yeso, estacas, abonos orgánicos, semilla de maíz, tarros, mangueras transparentes, insecticidas, fertilizantes químicos, agua, palanas, ¼ hectárea de terreno.
 - ✓ **Maquinaria agrícola:** tractor, arado de discos y de rastra, rufa niveladora, surcador
 - ✓ **Equipo:** barreno, balanza de precisión, balanzas, estufa.
- **Servicios**
 - ✓ Movilidad
 - ✓ Internet
 - ✓ Cámara fotográfica
 - ✓ Tipos de computadora
 - ✓ Análisis estadísticos
 - ✓ Análisis de suelo
 - ✓ Datos climatológicos
 - ✓ Constantes de humedad
 - Capacidad de campo (CC)
 - Punto de marchitez permanente (PMP)
 - ✓ Porcentaje de humedad del suelo
 - ✓ Anillados y empastados
- **Locales**
 - ✓ En condiciones de campo, y los ambientes de la Facultad de Agronomía de la UNPRG en Lambayeque

1.5.8. Métodos y procedimientos para la recolección de datos

1.5.8.1. Determinación de las características físicas y químicas del suelo experimental.

Los resultados del análisis del suelo experimental para los tres ciclos de siembra y ambos ambientes, se muestran en la Tabla N° 01, la cual señala: Textura, franco arenoso a franco arcillo arenoso; conductibilidad eléctrica, ligeramente salino; pH, alcalino; materia orgánica baja a mediana; nitrógeno, bajo; fósforo, bajo; potasio, alto y carbonato de calcio, bajo. Por ende, el suelo posee características apropiadas para el cultivo.

Tabla N° 01. Análisis físico-químico del suelo experimental de La Peña, Lambayeque-Perú, 2016.

BLOQUE	C.E mS/cm	pH	M.O %	N %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	CLASE TEXTURAL
I Déficit hídrico	2.76	7.60	1.85	0.089	4.1	360	1.01	Fr. Ao
II Déficit hídrico	2.81	7.78	2.05	0.120	4.6	310	0.60	Fr.Ao
III Déficit hídrico	3.53	7.51	1.75	0.096	5.3	450	1.11	Fr. Ao
Promedio	3.03	7.63	1.88	0.107	4.66	373.33	0.91	
IV Riego	3.26	7.62	2.2	0.130	6.2	300	0.96	Fr.Ao
V Riego	3.86	7.69	1.90	0.081	5.0	390	0.94	Fr.Ao
VI Riego	3.76	7.56	2.30	0.112	4.0	420	0.85	Fr.Ar.Ao
Promedio	3.62	7.62	2.13	0.107	5.06	370	0.92	

FuenFuente: Laboratorio de Suelos. Facultad de Agronomía – UNPRG Lambayeque, 2016.

1.5.8.2. Determinación de las constantes de humedad

Para la determinación de las constantes de humedad: Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) se extrajo muestras de suelo en diferentes puntos del terreno experimental en zig –

zag, para luego obtener una muestra compuesta, la cual fue utilizada para determinar las constantes en mención.

La determinación de la Capacidad de Campo (CC) (Ingenieros Agrónomos Perú, 2015) se realizó mediante el método de columnas que consiste en colocar suelo del área de siembra debidamente tamizada en mangueras transparentes de 1.5 pulgada de diámetro y 35 cm de longitud; cabe señalar que en la parte inferior de las mangueras se colocó unos tapones, para luego ubicarlas en forma vertical y verter 25 ml. de agua hermetizándose la parte superior con un tapón, dejándose por un lapso de 24 horas. Generado un perfil húmedo del suelo, se extrajo de ella una muestra del tercio medio, la cual se pesó, correspondiendo al Peso de Suelo Húmedo (PSH), luego ésta se llevó a estufa por un tiempo de 72 horas a 100°C, y fue pesada, correspondiendo al Peso de Suelo Seco (PSS). Con esta información se determinó el % de humedad ($\%H = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$) que equivaldría a la Capacidad de Campo. Tabla N° 02

El Punto de Marchitez Permanente (PMP), se determinó mediante el método de la desecación; que consiste en colocar suelo del área de siembra en igual cantidad, en macetas plásticas que tengan el mismo volumen; luego se procedió a sembrar y colocar el mismo volumen de agua en cada maceta tratando de mantener el suelo a capacidad de campo por un tiempo de tres semanas cuando las plantas presenta 4 hojas, iniciando el macollamiento. En ese estado se suspendió el riego hasta que las plantas mostraran en horas de la mañana un estado de marchitez total, momento en el cual se tomaron muestras del tercio medio del volumen de cada maceta, que fueron pesadas y llevadas a estufa, sometidas a temperatura de 100°C por espacio de 72 horas; los pesos sirvieron para determinar el % de humedad. Tabla N° 02

1.5.8.3. Determinación del porcentaje de humedad del suelo

Se tomaron muestras de suelo con una frecuencia semanal a una profundidad de 0.30 m en cada ambiente de humedad para cada ciclo de siembra, las cuales se pesaron (PSH = Peso de suelo húmedo) y luego llevaron a la estufa y se

Tabla 02. Porcentajes de humedad registrados durante el desarrollo del trabajo de investigación, en cada uno de Ciclos de siembra y los ambientes de humedad, con una frecuencia semanal. Fundo “La Peña”, Región Lambayeque – Perú, 2016- 2017.

CONSTANTES DE HUMEDAD		
Capacidad de Campo (CC)		12.20 %
Punto de Marchitez Permanente (PMP)		3.36 %
PORCENTAJE DE HUMEDAD REGISTRADO EN CADA AMBIENTE, CICLO 1		
	RIEGO (R1)	DÉFICIT HÍDRICO (R0)
10 dds	10.34	10.07
17 dds	12.08	12.29
24 dds	10.28	10.9
31 dds	12.01	11.52
38 dds	11.92	11.55
45 dds	10.9	9.59
52 dds	11.25	7.62
59 dds	9.89	5.32
68 dds	12.05	4.01
PORCENTAJE DE HUMEDAD REGISTRADO SEMANALMENTE EN CADA AMBIENTE, CICLO 2		
	RIEGO (R1)	DÉFICIT HÍDRICO (R0)
10 dds	10.61	10.11
17 dds	11.78	11.85
24 dds	10.56	10.05
31 dds	10.81	11.52
38 dds	12.01	11.9
45 dds	9.38	8.56
52 dds	11.38	6.22
59 dds	10	5.01
68 dds	12.02	4.38
PORCENTAJE DE HUMEDAD REGISTRADO SEMANALMENTE EN CADA AMBIENTE, CICLO 3		
	RIEGO (R1)	DÉFICIT HÍDRICO (R0)
10 dds	10.02	10.25
17 dds	11.01	11.45
24 dds	10.28	9.98
31 dds	11.01	11.04
38 dds	12.45	11.25
45 dds	9.8	8.58
52 dds	12.21	7.2
59 dds	10.05	4.42
68 dds	11.58	4.39

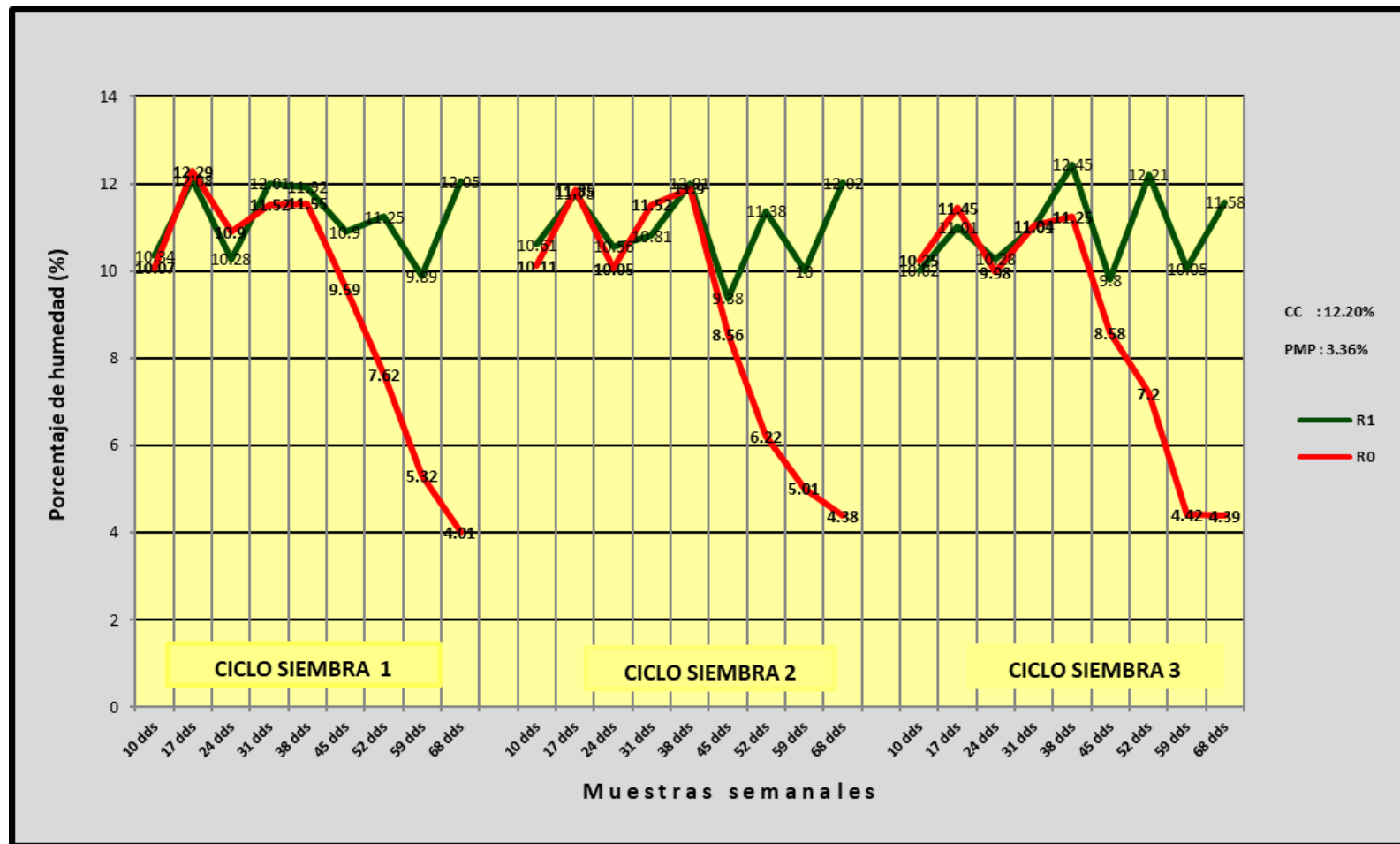


Figura 01. Porcentaje de humedad semanal en los tres ciclos de siembra y dos ambientes. de humedad. Fundo "La Peña", Distrito y Región Lambayeque - Perú, 2016- 2017

sometieron a temperaturas de 100° C por un lapso de 72 horas para determinar el peso de suelo seco (PSS = Peso de suelo seco). Con esta información se procedió a calcular el porcentaje de humedad: $\%H = (PSH - PSS) / PSS \times 100$.

La información registrada, se presenta en la Tabla N° 02, Figura N° 01, pudiéndose observar que los porcentajes de humedad en condiciones controladas se trataron de mantener a Capacidad de Campo, lo que sería la humedad disponible necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse normalmente; asimismo, se observa que la tendencia de la humedad en el ambiente de deficiencia hídrica fue disminuyendo conforme se fue desarrollando el ciclo biológico de los materiales genéticos en estudio.

1.5.8.4. Datos meteorológicos

La Tabla N° 03, Figuras N° 02, 03 y 04 registra los datos meteorológicos de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, precipitación pluviométrica, horas sol, evaporación y velocidad de viento en los ciclos de siembra 1, 2, y 3, respectivamente. Condiciones climáticas aceptables para que pueda crecer y desarrollar satisfactoriamente el material genético de trigo.

1.5.8.5. Conducción y manejo del campo experimental

Se realizó la preparación de terreno con rastra cruzada, nivelación, trazado de terreno acorde al Diseño Experimental al que se adecuó el trabajo de investigación; se sembró en hileras distanciadas a 20 cm a chorro continuo; en términos generales se aplicaron las buenas prácticas agronómicas para el cultivo de trigo, reduciendo en lo posible aplicaciones de control químico para el control de plagas (Gusanos de tierra, Gusano cañero, Empoasca), el cual se complementó con un control biológico; de igual forma se hizo para problemas de tipo fitopatológico. Se abonó con humus (5 t/ha) y ácido húmico más ácido

fúlvico (1 l/ha); complementándose con fertilizante químico, según fórmula: 120 -80-60, utilizándose urea como fuente de nitrógenada (Mitad a la siembra y mitad en macollamiento), fosfato diamónico como fuente de fósforo y sulfato de potasio como fuente de potasio, respectivamente. Los riegos provenientes

Tabla N° 03. Datos meteorológicos observados durante el desarrollo del trabajo experimental. Lambayeque - Perú, 2016 – 2017.

CICLOS	MES	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITAC. (mm)	HORAS SOL (h.d.)	EVAPORACIÓN (mm)	VIENTO (m/s)
		Máx.	Mín.					
Ciclo de Siembra I	Set. 2016	23.7	17.0	74.0	--	7.8	2.1	3.3
	Oct. 2016	24.0	16.9	72.0	--	8.2	2.1	3.4
	Nov. 2016	24.8	16.5	70.0	--	8.9	1.9	3.3
	Dic. 2016	26.4	18.5	70.0	--	8.0	2.1	3.3
	Promedio	24.7	17.2	71.5	--	8.2	2.1	3.3
Ciclo de Siembra II	May. 2017	27.5	20.4	67.0	5.8	6.7	2.5	3.7
	Jun. 2017	25.2	18.4	68.0	--	6.1	1.5	3.5
	Jul. 2017	23.1	16.7	71.0	--	5.3	1.7	3.5
	Ago. 2017	22.8	16.4	71.0	1.6	6.6	1.5	4.1
	Promedio	24.7	18.0	69.3	1.9	6.2	1.8	3.7
Ciclo de Siembra III	Set. 2017	22.4	16.0	73.0	2.4	6.3	1.6	4.9
	Oct. 2017	22.3	16.1	73.0	1.6	7.0	1.7	4.9
	Nov. 2017	23.1	15.9	72.0	--	6.9	1.8	4.6
	Dic. 2017	26.0	18.0	72.0	--	8.3	2.6	4.9
	Promedio	23.5	16.5	72.5	1.0	7.1	1.9	4.8

Fuente: Estación Climatológica Principal UNPRG – Lambayeque, 2016-2017.

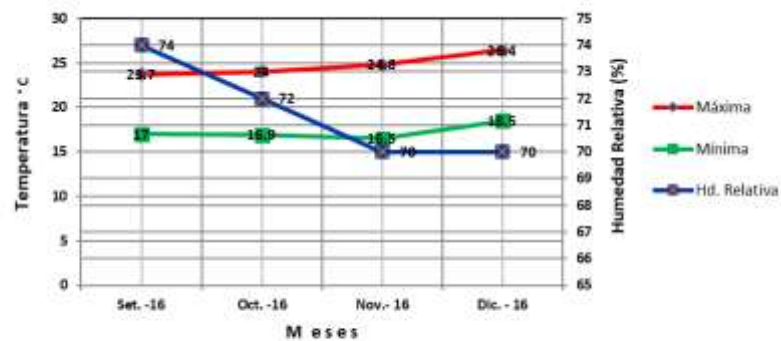


Figura 02 . Temperaturas máxima y mínima, y humedad relativa, Ciclo 1. Fundo "La Peña", Lambayeque - Perú, 2016.

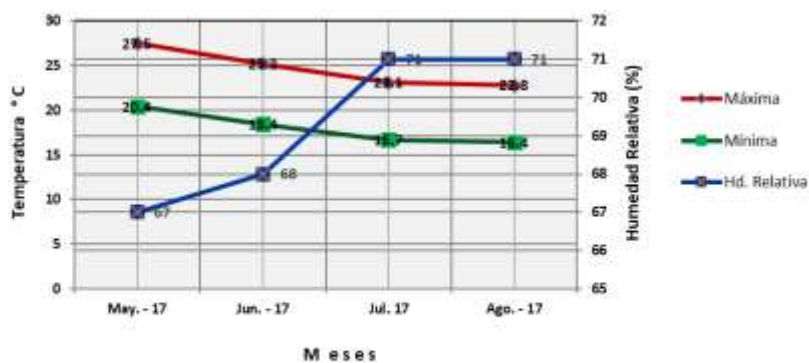


Figura 03 . Temperaturas máxima y mínima, y humedad relativa, Ciclo 2. Fundo "La Peña", Lambayeque - Perú, 2017.

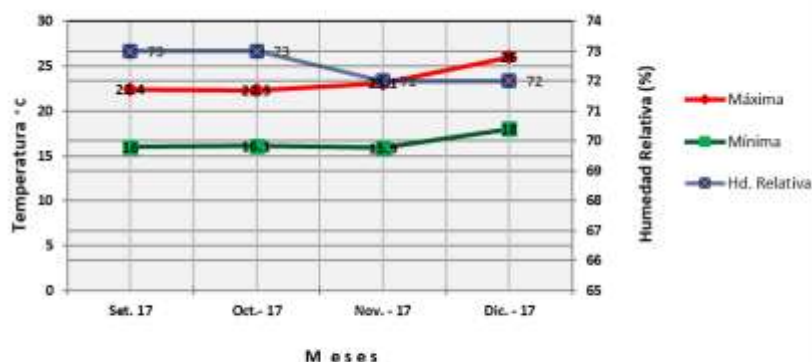


Figura 04 . Temperaturas máximas y mínimas, y humedad relativa, Ciclo 3. Fundo "La Peña", Lambayeque - Perú, 2017.

del pozo tubular (6 l/s) del fundo “La Peña”, se realizaron de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo en condiciones de riego (R1), mientras que en condiciones de déficit hídrico (R0) se limitó de tal manera de someter los materiales genéticos a estrés por deficiencia hídrica.

1.5.8.6. Análisis estadístico de los datos

Las características se analizaron acorde al modelo matemático del Diseño Experimental adecuado para el trabajo de Investigación. Se realizó el análisis de las características siguiendo dos procedimientos:

- Para el análisis de varianza de cada una de las condiciones de humedad: Riego (R1) y Deficiencia hídrica (R0) en cada Ciclo de siembra (C1, C2 y C3), se utilizó el modelo de bloques al azar (López y Gonzáles, 2014).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es la observación de la i-ésimo genotipo en el j-ésimo bloque

M = es la media general del experimento

α_i = es el efecto asociado de la i-ésimo genotipo

β_j = es el efecto asociado al j-ésimo bloque

ε_{ij} = variación aleatoria asociada a la parcela de la i-ésimo genotipo en el j-ésimo bloque.

- Para el análisis de la interacción de los genotipos por los ciclos de siembra para cada condición de humedad, se utilizó el modelo correspondiente al diseño experimental considerado (análisis combinado C1 + C2 + C3), (López y Gonzáles, 2014).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	=	es el valor de la característica en estudio observado en el ciclo de siembra i en el bloque j y con el genotipo k
μ	=	es la media general
α_i	=	es el efecto del ciclo de siembra i
β_{ij}	=	es el efecto del bloque j dentro del ciclo de siembra i
γ_k	=	es el efecto del genotipo k
$(\alpha\gamma)_{ik}$	=	es el efecto de la interacción del genotipo k por ciclo de siembra i.
ϵ_{ijk}	=	es el efecto aleatorio asociado a la parcela del genotipo k en el bloque j y en ciclo de siembra i.

En la comparación de medias para las condiciones de humedad, los genotipos y los ciclos de siembra, se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de 5%. Se realizó un análisis de clúster y una matriz de correlaciones.

CAP. II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Aclimatación

A la aclimatación, se le llama también aclimatización, aclimatamiento (Wikipedia, s/f), adaptación fenotípica (Villafuerte, s/f), acomodación (Reygosa y Petrol, 2003; citado por Siavanchy, 2011; Rodríguez, 2016).

La aclimatación, son cambios compensatorios en un organismo bajo múltiples desviaciones naturales del ambiente sea estacional o geográfico (Villafuerte s/f). Asimismo, es la adaptación de un organismo vivo (planta, animal o microorganismo) a un cambio medio ambiental que le somete a un estrés fisiológico, y aunque la aclimatación tiene que ver con la dotación genética de los organismos, ésta no tiene que ver con los cambios generacionales (FAO, 2004). Del mismo modo, se refiere al conjunto de modificaciones morfológicas y fisiológicas transitorias no heredables, que se producen por exposición a un cambio en el medio y que también resultan positivas para la supervivencia. Además, señala a las plantas como organismos inmóviles que no pueden eludir las condiciones ambientales desfavorables, lo cual ha originado que, a lo largo de su evolución, hayan desarrollado mecanismos que les permitan tolerar y superar las condiciones ambientales adversas por falta de agua, altas y bajas temperaturas, escasez de nutrimentos, depredación, etc. (Reygosa y Petrol, 2003; citado por Siavanchy, 2011; Untitled, s.f.), también es definido cuando sólo se refiere al clima (Xica, 2007; nombrado por Oleas, 2012) o es el resultado de la respuesta del individuo al ambiente, sin ser acompañado de un cambio en el genotipo. Asimismo, menciona que cuando un cultivo se introduce a una nueva área de producción, puede estar menos adaptado que en la zona climática donde usualmente se produce. En algunos casos las especies introducidas por primera vez no parecen tener buena adaptación, pero después de que se cultiva varias veces, presentan mejor adaptación y mejor productividad (Poehlman, 1987; citado por Carlos, 2011) y parece que no hay motivo para negar la aclimatación;

el que haya ciertamente casos en que plantas de unas regiones puedan vivir en otras sin que hayan tenido que experimentar modificación alguna para adaptarse a las nuevas comarcas, no supone en manera alguna la imposibilidad de que haya plantas que puedan pasar de un clima a otro, mediante una verdadera aclimatación. Y lejos de haber semejante imposibilidad, puede afirmarse a priori que la aclimatación de las plantas en regiones climatológicas distintas de aquellas de donde son propias es posible (Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano Siglo XIX, 2014). Además, la aclimatación o acomodación se produce en individuos completos; y que son cambios morfológicos que no conllevan cambios genéticos para apaliar el impacto. Es un proceso reversible y se produce a una escala de tiempo pequeña (días o semanas). Con este tipo de respuesta se consigue recuperar en parte el valor fisiológico de la planta (Rodríguez, 2016).

2.1.2. Adaptación

Adaptación o adaptación genotípica, es cualquier característica del desarrollo, comportamiento, morfología o fisiología que surge en un ambiente determinado como resultado de la selección natural, y que mejora su oportunidad para sobrevivir y dejar descendencia fértil (Villafuerte, s/f; Siavichay, 2011), o es la facultad del individuo (o de la población) a responder de la misma forma a los ambientes a que se somete a prueba, en tal sentido, tendrá igual significado que estabilidad; es decir algo que no cambia a través del tiempo (Vásquez, 1990; citado por Carlos, 2011) o que no es reversible (Wikipedia, s/f). También se considera un fenómeno genético, porque los cambios que producen en una población de individuos de una especie, en respuesta de modificaciones del ambiente donde se desarrolla son heredables (Camarena, 1991; nombrado por Carlos, 2011). Asimismo, menciona que la adaptación, es una respuesta de tipo evolutivo que implica cambios genéticos fijados por la selección natural. Esto conlleva que las plantas recuperen el valor de la variable fisiológica. Se da a una escala de tiempo muy larga (Rodríguez, 2016).

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. Origen del trigo

El trigo es cultivado desde el comienzo de la agricultura. No se conoce con precisión dónde y cuándo se originó, tal y como lo conocemos hoy. Los estudios de De Candolle indican que el trigo es originario de Mesopotamia, mientras que Vavilov afirma que las especies del género *Triticum* han tenido su centro de diferenciación en Turquía, Afganistán y La India. Otras investigaciones más recientes sostienen que el trigo tuvo su origen en la zona comprendida entre Asia Menor y Afganistán. En definitiva, en alguno de estos lugares de clima similar, el hombre primitivo se encontró por primera vez con el trigo silvestre, recolectándose quizás antes de 15.000-10.000 años AC. Los trigos recolectados fueron probablemente *Triticum monococcum* o *Triticum dicoccum* (López, 1991 citado por Moreno, *et al.* 2001; INFOAGRO, 2013). En otra cita, Gómez (2007), refiere que el trigo tuvo su origen hace 3,000 años AC. en los asentamientos humanos de los Lagos Suizos, luego 2,500 años AC. apareció en el norte de Europa, posteriormente se introdujo a América del Norte por los británicos y españoles, y en 1494 a Latinoamérica durante el segundo viaje de Cristóbal Colón.

2.2.2. Taxonomía

Trigo (*Triticum spp*), es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*, cuya clasificación taxonómica (CIMMYT, 2011; citado por Manangón, 2014) es:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophita*

Clase: *Liliopsida*

Orden : *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género : *Triticum*

Especie: *Aestivum*

Nombre científico: *Triticum aestivum*

Nombre común: Trigo harinero

2.2.3. Características morfológicas

Raíz

El sistema radicular, suele alcanzar más de un metro, situándose la mayoría de ellas en los primeros 25 cm. de suelo. El crecimiento de las raíces comienza en el periodo de ahijado, estando todas ellas poco ramificadas. El desarrollo de las raíces se considera completo al final del "encañado". En condiciones de secano la densidad de las raíces entre los 30-60 cm. de profundidad es mayor, aunque en regadío el crecimiento de las raíces es mayor como corresponde a un mayor desarrollo de las plantas (INFOAGRO, 2013). Asimismo, en muchas especies de plantas, especialmente en las monocotiledóneas, la raíz primaria no se convierte en la principal de la planta sino que deja de crecer y las funciones de sostén y absorción son desempeñadas por numerosas raíces adventicias que se desarrollan en la base del tallo. De ahí resulta lo que se conoce como sistema radical fibroso o fasciculado característico del trigo (*Triticum*) y otras gramíneas. El trigo presenta entonces raíces fasciculadas, las primeras son embrionales y provienen de la germinación, su función es colaborar en las primeras fases del desarrollo de la planta. El sistema de raíces secundarias, permanentes o adventicias nacen del primer nudo del tallo a partir del ahijamiento y que formarán el sistema radicular definitivo, estas raíces forman un sistema radicular fasciculado, su desarrollo puede ser variable debido a variedad y condiciones del suelo (Carrera, 2005; citado por Manangón, 2014).

Tallo

Al comienzo de la fase vegetativa, el tallo se halla dentro de una masa celular que constituye el nudo de ahijamiento, este tallo presenta brotes axilares, de los que se originan los tallos hijos. El tallo se alarga durante el encañado y lleva 7 u 8 hojas envainadoras a lo largo de la longitud de un entrenudo. En casi todas las variedades, el tallo que es al principio macizo se vuelve después hueco (Guerrero, 1999; nombrado por Manangón, 2014), con 6 nudos, siendo la altura y solidez las que determinan la resistencia al encamado (INFOAGRO, 2013).

Hojas

Las hojas son cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta (INFOAGRO, 2013). Éstas, se implantan en los nudos del tallo con filotaxia (disposición que presentan las hojas en el tallo) dística en dos filas alternas. Constan de vaina y limbo y prácticamente no tienen pecíolo. Es el órgano de la planta donde se realiza fotosíntesis con mayor intensidad debido a la gran cantidad de cloroplastos en el tejido parenquimático. El limbo de la hoja tiene forma de lámina triangular alargada paralelinervia y borde entero liso y la vaina es abrazadora respecto del tallo o caña (Carrera, 2005; citado por Manangón, 2014).

Inflorescencia

Es una espiga constituida por un tallo central de entrenudos cortos, llamado raquis, en cada uno de cuyos nudos se asienta una espiguilla, protegida por dos brácteas más o menos coriáceas o glumas, a ambos lados. Cada espiguilla presenta nueve flores, de las cuales aborta la mayor parte, quedando dos, tres, cuatro y a veces hasta seis flores (). El trigo es una planta autógena, es decir que la fecundación de la flor tiene lugar antes de su apertura. Cuando las anteras aparecen al exterior, ya la flor está fecundada, por lo que cada variedad de trigo conserva sus características agronómicas y hereditarias de forma notablemente constante (Guerrero, 1999; nombrado por Manangón, 2014).

Flor

Consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos Barbados (INFOAGRO, 2013).

Fruto

Es una cariopsis con el pericarpo soldado al tegumento seminal. El endosperma contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano (INFOAGRO, 2013).

2.2.4. Requerimiento edafoclimáticos

Se le encuentra en ambas latitudes desde los 60° LN hasta los 40° LS, se adapta a todo tipo de climas: Esteparios, desérticos, mediterráneos, húmedos subtropicales, siendo el óptimo los climas frescos y húmedos (crecimiento) y cálidos y secos para maduración (Gómez, 2007). La temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo está entre 10 y 24 °C, pero lo más importante es la cantidad de días que transcurren para alcanzar una cantidad de temperatura denominada integral térmica, que resulta de la acumulación de grados días. La integral térmica del trigo es muy variable según la variedad de que se trate (Villaseñor, *et al.* 2009; nombrado por Estrada, *et al.* 2016).

Requiere una humedad relativa entre 40 y 70%; desde el espigamiento hasta la cosecha es la época que tiene mayores requerimientos en este aspecto, ya que exige una humedad relativa entre el 50 y 60% y un clima seco para su maduración (Made-in-argentina, 2010; citado por Estrada, *et al.* 2016).

El cultivo de trigo tiene unos bajos requerimientos de agua, ya que se puede cultivar en zonas donde caen precipitaciones entre 25 y 2800 mm anuales de agua, aunque un 75% del trigo crece entre los 375 y 800 mm. La cantidad optima es de 400-500 mm/ciclo.

Los mejores suelos para su crecimiento deben ser de textura media a pesada, con buena estructura para facilitar el drenaje o también en suelos arcillo - limosos o arcillosos calcáreos con pH de 6,0 a 8.5 y de moderada salinidad (Gómez, 2007). También, prefieren suelos sueltos, profundos, fértiles y libres de inundaciones, y deben tener un pH entre 6,0 y 7,5; en terrenos muy ácidos es difícil lograr un adecuado crecimiento (Made-in-argentina, 2010; mencionado por Estrada, *et al.* 2016).

2.2.5. Genética

Wikipedia (s/f), señala que la genética del trigo es más complicada que la de la mayoría de las otras especies de plantas domesticadas. La especie del trigo es un

poliploide estable, que tiene más de dos conjuntos de siete cromosomas. Tanto el *Triticum durum* como el *Triticum turgidum* evolucionaron como especies de tetraploides por el cruce natural de dos especies silvestres, *Triticum urartu* y una especie ahora extinta, *Sitopsis*. El trigo común del pan (*Triticum aestivum*) evolucionó como una especie de hexaploide posterior hace aproximadamente 2000 años, después del cruce natural de *Triticum turgidum* y *Aegilops tauschii*. En tanto el trigo escaña cultivada (*Triticum monococcum*) es Diploide ($2n=2x=14$ cromosomas). Los trigos Tetraploides (por ejemplo trigo durum) son derivados del almidonero silvestre (*Triticum dicoccoides*). El almidonero silvestre es el resultado de una hibridación entre dos hierbas silvestres diploides: *Triticum urartu* y una especie de hierba silvestre, *Aegilops searsii* o *Aegilops speltoides*. La hibridación que generó el almidonero silvestre ocurrió en tierra virgen, mucho antes de su domesticación. Los trigos Hexaploides evolucionaron en campos cultivados. Tanto el trigo dicoccoides como el durum hibridaron con otra hierba diploide silvestre (*Aegilops tauschii*) para crear los trigos hexaploides (cromosomas $6x$), *Triticum spelta* y *Triticum aestivum*.

La heterosis o vigor híbrido ocurre en los trigos hexaploides, pero la semilla es difícil de producir en variedades híbridas cultivadas en una escala comercial como con las flores de maíz, porque las flores del trigo son completas y normalmente se autopolinizan.

La semilla híbrida comercial del trigo se ha producido utilizando agentes químicos hibridantes, reguladores del crecimiento de la planta que intervienen selectivamente con el desarrollo de polen, u ocurriendo naturalmente en sistemas masculinos citoplasmáticos de esterilidad. El trigo híbrido ha tenido un éxito comercial limitado en Europa (especialmente en Francia), en los Estados Unidos y en Sudáfrica.

2.2.6. Clasificación

Wikipedia (s/f), a nivel general, el trigo se clasifica de acuerdo a la textura del endospermo, porque esta característica del grano está relacionada con su forma de fraccionarse en la molturación, la cual puede ser vítrea o harinosa, y de

acuerdo a la riqueza proteica, porque las propiedades de la harina y su conveniencia para diferentes objetivos, están relacionadas con esta característica. De esta manera, se pueden mencionar las variedades de trigo: *aestivum* (candeal), *aethiopicum*, *araraticum*, *boeoticum* (escaña silvestre), *carthlicum*, *compactum* (club), *dicoccoides* (escanda), *dicoccum* (farro), *durum*, *ispahanicum*, *karamyshevii*, *macha*, *militinae*, *monococcum* (escaña cultivada), *polonicum* (polaco), *repens*, *spelta* (espelta), *sphaerococcum*, *timopheevii*, *turanicum*, *turgidum*, *urartu*, *vavilovii* y *zhukovskyi*.

Los trigos *monococcum*, *dicoccum* y *spelta* son vestidos, es decir, la lema y pálea forman una cubierta que permanece unida al grano después de la trilla. De ahí que trigos más importantes para el comercio son el *Triticum durum* (utilizado principalmente para pastas y macarrones), el *Triticum aestivum* (utilizado para elaborar pan) y el *Triticum compactum* (se utiliza para hacer galletas).

2.2.7. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo

Miralles (2004), refiere que la duración de las distintas etapas ontogénicas del cultivo de trigo están reguladas por 3 factores determinantes: i) temperatura, ii) el fotoperiodo (o duración del día) y iii) la vernalización (requerimientos de horas de frío). El conocimiento de las respuestas del cultivo a estas variables ambientales es de suma importancia a los efectos de caracterizar la adaptabilidad de los distintos cultivares de trigo a las distintas zonas productivas de nuestro país. De los 3 factores mencionados, la temperatura es un factor universal que afecta la duración de todas las etapas ontogénicas del cultivo desde la emergencia hasta la madurez fisiológica. Así temperaturas más cálidas acelerarán la tasa de desarrollo del cultivo y promoverán, por ejemplo, una floración más temprana comparada con la ocurrencia de temperaturas frescas para el mismo periodo. Una forma de eliminar el efecto de las variaciones en las temperaturas sobre la tasa de desarrollo del cultivo (y por lo tanto sobre la duración de las etapas ontogénicas) es a través del uso del tiempo térmico (o unidades térmicas). A diferencia de lo que ocurre con la temperatura, la respuesta al fotoperíodo y a la vernalización ocurre en periodos particulares

dentro del ciclo del cultivo. Así, la respuesta a la vernalización ocurre en el periodo que media entre la inhibición de la semilla hasta que el ápice cambia de vegetativo a reproductivo (etapa vegetativa). Las temperaturas vernalizantes se dan en un rango de 0 a 12 °C siendo la óptima entre 5-7 °C. El trigo comienza a censar el fotoperiodo desde la emergencia de la primera hoja y responde a este factor ambiental hasta la floración. La respuesta al fotoperiodo es de tipo cuantitativa y puede definirse como una planta de día largo (Miralles & Slafer, 1999; mencionados por Miralles, 2004).

2.2.8. El agua en las plantas

El agua es la molécula esencial para la vida; en las plantas constituye típicamente del 80 al 95% de la masa de los tejidos en crecimiento y desempeña varias funciones únicas. Es el solvente más abundante y mejor conocido y, como tal, permite el movimiento de moléculas dentro y entre las células. Debido a sus propiedades polares, tiene gran influencia en la estructura y la estabilidad de moléculas tales como proteínas, polisacáridos y otras (Kirkham, 2005; mencionado por Moreno, 2009). Igualmente, la expansión celular y la integridad físico-química de la pared dependen del agua. Una lista de los procesos que son regulados por el volumen celular y la hidrodinámica incluyen, además de los mencionados, crecimiento y proliferación, exocitosis, endocitosis, cambios en la forma celular, señalización de hormonas, metabolismo, excitabilidad, migración celular, obtención de nutrientes, filtración de desechos, necrosis y apoptosis (Wehner *et al.*, 2003; Zonia y Munnik, 2007; nombrados por Moreno, 2009). Teniendo en cuenta la gran importancia del agua en las plantas, se puede considerar que una cantidad limitada o excesiva de agua para éstas constituye un factor inductor de situaciones adversas o estresantes.

Hernández (2013), al citar a Taiz y Zeiger (2010), refieren que el agua cumple una función crucial en la vida de las plantas. La fotosíntesis requiere que las plantas obtengan el CO₂ de la atmósfera, pero al mismo tiempo se exponen a una pérdida de agua y por tanto a una amenaza de deshidratación. Para prevenir la deshidratación, las plantas deben absorber agua por las raíces y transportarla a la

parte aérea. Pequeños desequilibrios entre la absorción de agua y la pérdida de agua a la atmósfera puede causar un déficit hídrico que puede llevar a un mal funcionamiento de muchos procesos celulares. Por ello, el equilibrio entre la absorción, transporte y pérdida de agua representa un importante desafío para las plantas terrestres.

El agua es uno de los elementos que más limita la producción vegetal tanto en la agricultura como en los ecosistemas naturales, lo que va a conducir a marcadas diferencias en el tipo de vegetación dependiente de un gradiente de precipitaciones. La razón por la cual el agua es una fuente limitante es debido a que las plantas la usan en grandes cantidades. La mayor parte del agua absorbida por las raíces es transportada por la parte aérea y evaporada por la superficie de las hojas (aprox. 97%). Esta pérdida de agua se denomina transpiración. En contraste, una pequeña cantidad de agua absorbida por las raíces permanece en la planta para usarse en procesos de crecimiento (2%) o bien es usada en procesos bioquímicos (1%) como las reacciones de la fotosíntesis u otras reacciones metabólicas.

2.2.9. Deficiencia hídrica y respuestas de las plantas

Las plantas a lo largo de su desarrollo experimentan algún grado de estrés por déficit hídrico. En los sistemas naturales, un déficit de agua puede ser el resultado de bajas precipitaciones, baja capacidad de retención de agua del suelo, excesiva salinidad, temperaturas extremas frías o calientes, baja presión de vapor atmosférica o una combinación de estos factores (Nilsen y Orcutt, 1996; mencionados por Moreno, 2009). Por otro lado, una tercera parte de la superficie del planeta se considera como árida o semiárida, mientras que la mayoría de la superficie restante está sujeta a períodos temporales de déficit hídrico. De esta manera, el agua constituye el principal factor limitante del crecimiento de las plantas en la tierra, actuando como una fuerza selectiva de primer grado para la evolución y distribución de las especies vegetales (Hanson y Hitz, 1982; mencionados por Moreno, 2009).

La adaptación se refiere a los caracteres morfológicos y fisiológicos inherentes (rasgos fijos), que proporcionan protección contra las pérdidas de agua y están presentes independientemente de la disponibilidad de agua en el medio ambiente. La aclimatación, que es un caso especial de plasticidad fenotípica: expresión fenotípica dependiente del ambiente (Bradshaw, 1965; mencionado por Gianoli, 2004), se refiere a modulaciones adquiridas inducidas por la sequía en la función y estructura de los órganos de las plantas. Las plantas se aclimatan al estrés hídrico a corto plazo, principalmente mediante respuestas rápidas, funcionales y reversibles, como el cierre estomático y la inevitable reducción de la tasa de fotosíntesis en las hojas actuales.

Las condiciones de limitación de agua inducen en las plantas respuestas que afectan su morfología, fisiología y metabolismo. Así, por ejemplo, las hojas cambian su ángulo de inclinación, se enrollan o se recambian, y se incrementa la relación del peso entre la raíz y la parte aérea (la raíz mantiene su velocidad de crecimiento, en tanto que la parte aérea la disminuye). Entre los cambios fisiológicos y metabólicos que ocurren se encuentran la disminución en la síntesis de proteínas y, por tanto, en la velocidad de crecimiento, el aumento de cera en la cubierta de las hojas, cambios en la transpiración, en la respiración, en la fotosíntesis, en la distribución de nutrientes, etc. Todos estos cambios se inducen como parte de una respuesta adaptativa, de tal forma que aquellas especies que se han seleccionado en ambientes limitantes en agua inducen estas respuestas rápidamente y, por tanto, disminuyen su velocidad de crecimiento, su transpiración, su eficiencia fotosintética; reorganizan la distribución de sus nutrientes, dándole prioridad a la formación de las semillas para garantizar su reproducción y consecuente descendencia, todo ello para disminuir su gasto energético ante estas situaciones desfavorables y reservarse para mejores condiciones y, en el peor de los casos, al menos garantizar la permanencia de la especie. (Covarrubias, 2007)

El estrés hídrico tiene efecto sobre la biomasa y rendimiento total de la planta, además de reducir tanto el crecimiento del tallo como el de las raíces (Turner, 1997; mencionado por De la Cruz, *et al.*, 2010).

Muñiz y Capiati (2011), señalan que la sequía es uno de los problemas más importantes que limita la productividad de los cultivos. Para diseñar estrategias que permitan desarrollar plantas más tolerantes al estrés hídrico es importante comprender los mecanismos a través de los cuales las plantas perciben y transducen las señales de estrés para la generación de respuestas adaptativas. De allí que las vías de transducción de señales, que se inician con la percepción de la señal de estrés, tienen como blanco final una serie de factores de transcripción que controlan la expresión de genes cuyos productos contribuyen a proteger y reparar las células del daño causado por el estrés. El empleo de genes que codifican para estos factores de transcripción constituye un enfoque muy efectivo para producir plantas tolerantes al estrés, ya que un solo gen puede alterar la expresión de un gran número de genes, dando como resultado una respuesta mucho más amplia y eficaz. En la última década se ha elucidado la función de varios factores de transcripción que controlan la respuesta a la sequía, como los DREB/CFB y los AREB/ABF, entre otros.

2.2.10. Antecedentes

Silva, *et al.* (1999), evaluaron el efecto del déficit hídrico sobre la anatomía foliar de seis variedades de poroto *Phaseolus vulgaris* L. cultivados en la región centro-sur de Chile, en función del número y tamaño de tricomas, la densidad de estomas, las dimensiones de células oclusivas y del ostíolo en superficie adaxial y abaxial medidos en secciones tangenciales paralelas a la epidermis. Con el objeto de estimar la superficie de paredes celulares expuestas al intercambio gaseoso se evaluó la longitud, el diámetro y volumen celular del mesófilo. Los resultados demuestran que en condiciones de déficit hídrico se produce un aumento significativo de tricomas por unidad de superficie alrededor de un 35%, una disminución del volumen celular en un 26% y un aumento en el número de estomas por unidad de superficie de 25 a 150 en la superficie adaxial y de 167 a

216 estomas por mm². Esto último podría explicarse por el menor tamaño celular observado en las plantas sometidas a déficit hídrico. Además, en plantas estresadas se observó un aumento en el grosor del mesófilo de 207 a 282 μ m y en consecuencia un aumento del peso foliar específico. Los cambios en las dimensiones celulares producen cambios importantes en la relación de áreas A_{mes}/A . Se concluye que los cultivares estudiados muestran plasticidad morfo-anatómica foliar ante la condición de estrés hídrico.

Castro, *et al.*, (2000) en México caracterizaron 29 genotipos de sorgo para observar la respuesta al estrés hídrico en bolsas de polietileno, usando como criterios de selección: la producción de biomasa y el rendimiento de grano. La sequía se aplicó en la diferenciación floral hasta que se alcanzó el punto de marchitez permanente. Los resultados indican que durante el periodo de sequía el crecimiento de la parte aérea disminuyó y se estimuló el de la parte radical, no habiendo diferencias en la biomasa total entre condiciones de humedad, debido a un efecto compensación. Los genotipos bajo sequía, respondieron con una mayor acumulación de biomasa radical que representó el 44% de la biomasa total. Además, se reflejó en un alto rendimiento de grano. Los genotipos clasificados como resistentes a la sequía produjeron más grano bajo sequía, debido a una mayor longitud de panoja, un mayor número de días a la floración y una mayor área foliar activa durante el periodo de recuperación. Dicha resistencia podría estar dada por la capacidad de producir biomasa durante el estrés hídrico y durante el periodo de recuperación, así como la habilidad de mantener un nivel apropiado del rendimiento de grano y un alto índice de cosecha. En base a los criterios de selección indicados 10 genotipos fueron clasificados como resistentes, 9 como intermedios y 10 como susceptibles.

Águeda (2001), entre algunas de las conclusiones de su trabajo de tesis doctoral señala que: la altura de la planta y peso de la paja son mayores en riego que en estrés, aunque esas diferencias no siempre son significativas. Esta escasa diferencia se debe al avanzado estado de crecimiento de las plantas cuando se

inició el tratamiento de estrés que hizo que la falta de agua afectara menos a estos caracteres. Lo mismo ocurre con los componentes del rendimiento: número de espigas por metro cuadrado y número de granos por espiga. Estos dos caracteres ya estaban determinados cuando el tratamiento de estrés fue intenso, lo que explica que su influencia sobre el rendimiento en condiciones de estrés sea menor que la del peso de mil granos. Este componente del rendimiento y el índice de cosecha presentan las correlaciones más altas con el rendimiento en condiciones de estrés. Asimismo, de los caracteres estudiados, los que más han influido en la mejora del rendimiento del grano en condiciones de déficit hídrico han sido, por una parte, la precocidad, la duración del llenado del grano y el peso de mil granos, y por otra el ajuste osmótico y la actividad fotosintética de las plantas en dichas condiciones. Estos resultados parecen indicar que el ajuste osmótico permite mantener la actividad fotosintética al ir aumentando el estrés durante el llenado del grano, lo que contribuye a que el peso unitario de las semillas sea mayor y consecuentemente el rendimiento en grano sea más alto en dichas condiciones. Entre los genotipos estudiados, la línea de mejora L40 es la que posee de forma más clara todos estos caracteres. Además, la reducción en el rendimiento del grano en condiciones de estrés respecto al control es importante, del 41% para el bienio 1991-92 y del 30% para el cuatrienio 1993-96, exhibiendo más variabilidad los genotipos estudiados en condiciones de estrés que en condiciones de riego.

Martínez, *et al.* (2002), trabajaron en México con plántulas de 11 poblaciones de *Pinus leiophylla Schl. et Cham*, las cuales fueron sometidas a déficit hídrico, con la finalidad de conocer su respuesta en términos de consumo de agua y crecimiento en altura. El ensayo en invernadero incluyó tres niveles de humedad del suelo (S0 testigo, S1 déficit moderado y S2 déficit severo de agua) durante dos meses (periodo de sequía) y un periodo de recuperación de cuatro meses. El consumo de agua promedio durante el periodo de sequía permitió identificar un grupo de poblaciones agotador y un grupo ahorrador. Durante el periodo de sequía el crecimiento promedio se redujo 70% por efecto del déficit hídrico; sin embargo, durante el periodo de recuperación las plantas del nivel S2 crecieron

95% más que las del nivel S0 (efecto compensatorio). Las poblaciones del grupo ahorrador presentaron mayor sensibilidad al déficit hídrico severo, pero mostraron un mayor efecto compensatorio. En los niveles S0 y S1 las poblaciones presentaron diferencias en su eficiencia de uso del agua; sin embargo, en el nivel S2 las diferencias se redujeron.

Becerril y Peña (2006), analizaron el efecto del estrés hídrico en cladodios de nopal de seis meses de edad, de plantas cultivadas en maceta e invernadero durante 180 d. En las plantas bajo sequía severa (sin ningún riego) se redujo significativamente la concentración de clorofilas. En el clorénquima la clorofila a+b disminuyó en 42.3 %, la clorofila a en 34.2 % y la clorofila en b 31.4 %; en el parénquima, los decrementos fueron de 39.6 %, 35.8 % y 23.6 %, respectivamente. La actividad de la fosfoenolpiruvato carboxilasa disminuyó significativamente 19.6 % en tejido clorénquimatoso y 60 % en parénquima; el transporte fotosintético de electrones se redujo en 29.5 % en el tejido clorénquimatoso, mientras que en el parénquima aumentó 150 %. La sequía redujo la fluorescencia de la clorofila tanto en el clorénquima como en el parénquima. En cambio, las características fisiológicas en plantas con sequía intermedia (dos riegos) fueron afectadas ligeramente.

Sánchez, *et al.*, (2006) al evaluar la resistencia a sequía del cacahuate, realizaron un experimento en el que se probaron dos hábitos de crecimiento: rastrero y erecto con ocho variedades anidadas en cada hábito, bajo dos niveles de humedad. Se midieron 22 características vegetativas y reproductivas. En número de ginóforos, vainas inmaduras, peso de semilla, intensidad del color verde de la hoja y altura de planta existieron diferencias estadísticas entre los dos niveles de humedad. Altura de planta fue superior bajo buena humedad; en cambio la sequía indujo mayor intensidad del color verde. En veinte variables hubo diferencias estadísticas entre hábitos de crecimiento, en los que destacó el rastrero por la exuberancia de las plantas. La mayoría de las variables presentaron diferencias entre variedades dentro de hábitos, lo que evidencia la variabilidad fenotípica. La interacción nivel de humedad por variedad dentro de

hábitos se detectó para floración a los 42 días, intensidad del color verde de hoja y longitud de foliolos. Las variedades rastreras presentaron mayor frecuencia de efectos genéricos y específicos que las erectas, con mayor frecuencia de los primeros.

Monasterio, *et al.* (2007), evaluaron ensayos regionales uniformes de híbridos de maíz amarillo (ERUHMA) con 23 materiales cada uno en los dos campos experimentales del INIA Yaracuy, separados a 6 km uno del otro; pero con un comportamiento de la precipitación en cantidad y distribución diferentes. Se llevaron los registros de precipitación y evaporación, a fin de realizar el balance hídrico. Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se responsabiliza al déficit y distribución de la precipitación de la variabilidad en los rendimientos. De allí que en el campo experimental CEM la cantidad de lluvia de 1300 mm produjo 5.637,1 kg/ha y en la estación local ELY de 274,6 mm se obtuvo 2.823,4 kg/ha. La diferencia de 2813,7 kg/ha, representa una disminución del 49,9%, debido a que los cultivares sufrieron de estrés hídrico durante todas las fases del ciclo, el rendimiento y la altura de planta fueron las expresiones más resaltantes del efecto, y ratifican que la cantidad de agua precipitada fue la variable influyente en los resultados. Las etapas más sensibles fueron: etapa de floración, seguida de desarrollo vegetativo y llenado de grano.

Avendaño, *et al.* (2008), realizaron su tesis doctoral en México sobre la respuesta a altos niveles de estrés hídrico en cuatro variedades de maíz, Zacatecas 58 original (Zo), Cafí me original (Co), Zacatecas 58 SM19 (Z19) y Cafí me SM16 (C16) sometidas a diferentes niveles de estrés hídrico, encontró: Que el crecimiento se detuvo por efecto de la sequía en las cuatro variedades, pero una vez que se aplicó el riego de recuperación, éste ocurrió de manera progresiva, de tal forma que las plantas sometidas a sequía igualaron y en algunos casos llegaron a superar a las de riego como ocurrió en Z19. El número de días a floración y asincronía fue mayor en Z19 y C16 que Zo y Co; en el índice de cosecha, las variedades originales disminuyeron menos que las

mejoradas; mientras que, la biomasa fue menos afectada en las variedades mejoradas que en las originales conforme se prolongó el periodo de sequía; concluyendo que las variedades mejoradas desarrollaron un mecanismo de resistencia a la sequía llamado “latencia”; mediante el cual, las plantas detienen su crecimiento en condiciones extremas de sequía, pero en el momento en que nuevamente hay humedad en el suelo, reinician su desarrollo hasta completarlo.

Moreno (2009), a través de un artículo revisa las diferentes respuestas a nivel morfológico, anatómico, celular y molecular que permiten a las plantas tolerar y adaptarse al estrés por déficit hídrico. Estas respuestas incluyen modificaciones en el crecimiento, el desarrollo del metabolismo C₄ y el metabolismo ácido de crasuláceas (CAM), cierre de estomas y cambios en la expresión de genes, incluyendo los que codifican proteínas potencialmente protectoras, enzimas clave en la vía de síntesis de osmolitos, enzimas antioxidantes y factores de transcripción, que regulan la expresión de genes inducida por el estrés. Además, describe cómo estas respuestas pueden darse a través de vías de señalización dependientes o independientes de la acción hormonal del ácido abscísico y que conducen a la tolerancia de las plantas al estrés hídrico.

De La Cruz, *et al.* (2010), evaluaron el efecto de la sequía sobre variables hídricas y morfométricas en *Amaranthus caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* razas Azteca, Mercado y Nepal durante la floración de estos genotipos cultivados en invernadero. Se determinó el contenido hídrico relativo (CHR), concentración de prolina en raíz y hoja, área foliar, número de hojas y partición de biomasa. Se observó que la sequía indujo incrementos significativos en la concentración de prolina en raíz en todos los genotipos, mientras que en hoja sólo en Azteca y Nepal. La sequía también indujo una disminución significativa de CHR en *A. Cruentus* y *A. hypochondriacus* raza Azteca así como en el área foliar de todos los genotipos con excepción de *A. Caudatus*, y en el número de hojas en Azteca y Nepal. Considerando la partición de biomasa, *A. caudatus* fue la especie menos sensible a la sequía. El análisis integrado de las variables estudiadas indicó que *A. caudatus* y *A. hypochondriacus*, raza Nepal,

fueron las especies con menor y mayor susceptibilidad a la sequía, respectivamente.

Barrios, *et al.*, (2012), hicieron un experimento en México, con el objetivo de determinar las diferencias en desarrollo de cinco variedades contrastantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de habito indeterminado tipo III, en su raíz y parte aérea de la plántula, de los cuales se cosecharon plántulas a los 7,11,15,19 y 23 días después de la siembra (dds); además, en la última cosecha de plántulas (23 dds), se tomaron ejemplares de raíz de aproximadamente 1 cm de longitud. El cultivar tolerante a sequía (FM Corregidora) tuvo raíces y vasos de xilema de menor diámetro que el cultivar susceptible a sequía (FM RMC) y el criollo de bajo rendimiento (Michoacán 128). FM Corregidora mostró mayor longitud y peso seco total de raíces que FM RMC y Michoacán 128 y a la vez éstas crecieron a mayor velocidad que los demás cultivares, confiriéndole un mayor desarrollo en etapa de plántula. El diámetro del hipocótilo y la oquedad central es mayor en FM Corregidora y los cultivares de alto rendimiento (FJ Marcela y FM Bajío) que en el cultivar susceptible a sequía y el criollo. FM Corregidora, FJ Marcela, FM Bajío y FM RMC tienen corteza más gruesa y mayor número de vasos de xilema que Michoacán 128. El material tolerante a sequía (FM Corregidora) mostró raíces y vasos de xilema de menor diámetro que el cultivar susceptible a sequía (FM RMC) y la variedad criolla de bajo rendimiento (Michoacán 128).

Giménez (2012), su trabajo consistió en determinar los rendimientos de maíz en situaciones de bienestar hídrico (T1) y cuantificar las disminuciones de rendimiento generadas por la ocurrencia de estrés hídrico durante: el periodo crítico (PC) (T2), el llenado de grano (T3), la etapa vegetativa y el PC (T4); además se evaluó un testigo en secano (T5). El estrés hídrico en distintas etapas se generó a través de simuladores de sequía y el bienestar hídrico por medio de riego suplementario. Los resultados mostraron que el rendimiento sin deficiencias hídricas se ubicó entre 13,5 y 15,3 t ha⁻¹ aproximadamente. Las deficiencias de agua durante el PC provocaron pérdidas de rendimiento

aproximadas al 50% del potencial. El estrés hídrico en el llenado de grano generó disminuciones del rendimiento cercanas a 30% y las deficiencias acumuladas en la etapa vegetativa y el PC provocaron un descenso del rendimiento de 56%.

Llano y Alcatraz (2012), en México hicieron un trabajo con el objetivo de evaluar la tolerancia al estrés hídrico de tres especies, *P. imperialis*, *P. fortunei* y *P. elongata*, porque son las que se utilizan en China con mayor frecuencia en la reforestación y en la industria maderera. Para ello realizaron análisis bioquímicos de las hojas para determinar los siguientes componentes: como pigmentos, a las clorofilas total, *a* y *b*; β -caroteno, violaxantina y luteína); las enzimas peroxidasa y prolina, así como proteínas solubles, insolubles y totales en tres diferentes condiciones de humedad del suelo, bajo dos condiciones ambientales, campo e invernadero, entre los cuales se observaron diferencias significativas; destaca un incremento del contenido de pigmentos y peroxidasa, y una disminución de las proteínas y prolina en el ambiente controlado, principalmente. Al evaluar la respuesta al estrés hídrico entre las especies se concluyó que *P. imperialis* y *P. elongata* son más tolerantes que *P. fortunei*, debido a su mayor contenido de prolina, más proteínas totales y solubles, indicadores de una mejor tolerancia a condiciones de estrés.

Lugo (2012), señala las conclusiones de su trabajo, encontrando: El estrés hídrico aplicado durante la etapa de formación de grano (R1-R6) disminuyó significativamente ($p \leq 0.05$) la producción de grano, la capacidad antioxidante, el contenido de ácido trans-ferúlico y ácido cumárico en los tres híbridos evaluados. Asimismo, la concentración de lignina, fenoles totales y ácido cis-ferúlico no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) como efecto del tratamiento de estrés hídrico aplicado durante dicha etapa (R1-R6) en los genotipos analizados. También, el estrés hídrico aplicado en esta etapa de formación de grano (R1-R6) generó diferencias significativas en el porcentaje de proteína; el genotipo DK 2027 presentó mayor contenido ($p \leq 0.05$). Además, los ácidos cafeico y sinápico presentaron una concentración a nivel traza, la cual fue

no significativa ($p \leq 0.05$) en los tratamientos evaluados.

Fernández (2013), en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam (Argentina), realizó ensayos durante ocho años, en los que se evaluó la eficiencia en el uso de agua (EUA), el consumo de agua diario en distintas etapas fenológicas y los componentes del rendimiento de triticale, trigo pan y trigo candeal. El triticale mostró mayor rendimiento que trigo pan y candeal, con diferente disponibilidad hídrica. El triticale basó su rendimiento en mayor número de granos por espiga y en un buen peso de los granos. Además, mostró una mayor eficiencia en el uso del agua promedio que trigo pan y candeal en los tratamientos fertilizados (8,98 vs 6,97 y 5,89 kg grano ha⁻¹ mm⁻¹, respectivamente). Se pueden obtener los máximos rendimientos para las condiciones de la zona de estudio con 300 mm de agua útil durante el ciclo y distribuidos de acuerdo al consumo necesario en cada etapa ontogénica. En conclusión, existen especies no tradicionales que permitirían aumentar la producción, mejorar la estabilidad del rendimiento y aumentar la diversidad de los cultivos invernales para la región semiárida pampeana central.

Polón, *et al.* (2013), hicieron un experimento en la Estación Experimental Los Palacios desde 2008 hasta el 2011, sobre un suelo Hidromófico Gley Laterizado durante el período de octubre a enero en condiciones semi controladas, en maceteros de 1 m² de área, en cada una se sembraron 25 semillas de la variedad Tomeguín 93 con el objetivo de evaluar la respuesta del frijol sometido a diferentes intensidades de estrés hídrico en la fase vegetativa y su efecto en el rendimiento, sus componentes y en la economía del agua. Los resultados demostraron que al cultivo de frijol en la fase vegetativa al someterlo a un estrés hídrico con diferentes intensidades permitió incrementos en el rendimiento, sus componentes y una economía en el uso del agua a favor de los tratamientos con estrés hídrico respecto al testigo que se mantuvo con riego normal. Para hacer frente a la deficiencia hídrica esta situación, las plantas han desarrollado mecanismos como: 1. Enrollamiento foliar 2. Acumulación de osmóticos o Alto peso molecular: Fructanos y RFOs (oligosacáridos de la familia de la rafinosa) o

Bajo peso molecular: Prolina, sacarosa y poliaminas. 3. Deshidrinas.

Cifuentes (2014), realizó en Chile una investigación para ver el efecto del estrés hídrico en el rendimiento de la planta de trigo candeal y sobre los cinco componentes más importantes de la calidad del grano (Proteína, color, peso específico, amarangamiento y la punta negra). El estrés hídrico produce disminución del rendimiento, ya que si el trigo candeal se encuentra bajo estrés hídrico sostenido, se acelera su desarrollo. Este aceleramiento acorta las etapas fenológicas, por tanto también el llenado de granos propiamente tal y la planta produce menos granos y más pequeños. El rendimiento también disminuye al restringirse la fotosíntesis producto del cierre estomático, repercutiendo en un menor peso de los granos. No, obstante el menor rendimiento, el estrés hídrico aumenta la calidad del grano al menos en cuatro de los componentes mencionados, puesto que el porcentaje de proteínas, disminuye a medida que aumenta el color del grano, el peso específico y el amarengamiento. Por tanto, en condiciones de secano mediterráneo, la calidad se optimiza puesto que, además, la punta negra está más controlada por menor humedad ambiental.

Reyes, *et al.* (2014), evaluaron el crecimiento de plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) y frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) en invernadero en condiciones de déficit hídrico. Los resultados mostraron que el estrés hídrico en plantas de *Phaseolus vulgaris* L. no afectó el número de hojas, ramas y estructuras reproductivas, excepto para el tratamiento de 50% de agua. El 75% de agua estimuló el área foliar. Los tratamientos afectaron todos los órganos vegetativos, pero no los órganos reproductivos. Asimismo, el estrés hídrico en plantas de *Phaseolus coccineus* L. afectó el número de hojas, ramas y estructuras reproductivas. El 75 y 50% de agua no influyeron en el área foliar. Los tratamientos afectaron todos los órganos de las plantas.

San Martín (2015) realiza un trabajo, cuyo objetivo fue identificar que variables miden mejor la respuesta al déficit hídrico, y establecer un método de evaluación de respuesta en condiciones controladas de invernadero y en estadios tempranos del desarrollo de las plantas para poder preseleccionar genotipos tolerantes. El experimento se realizó con 36 genotipos de judía, sometidos a dos tipos de

tratamientos: control –con riego a demanda-, y estrés –con un volumen de riego un 50% menor-. Las plantas se desarrollaron en invernadero, colocando 2 plantas por tiesto y 3 tiestos por tratamiento y genotipo para cada una de las 3 réplicas. Los caracteres medidos fueron: contenido relativo de clorofila en la hoja cotiledonal y en el foliolo central de la primera hoja trifoliada, superficie de dicho foliolo, contenido en agua de la hoja cotiledonal, y número de plantas muertas 15 días después del último riego control. Podemos concluir que el carácter más identificativo para un test de evaluación de respuesta a la sequía en fases tempranas y condiciones controladas, es el carácter superficie del foliolo central de la primera hoja trifoliada. Los genotipos preseleccionados en base a este carácter resultaron ser Sanilac, DOR364, BAT93, PI207262, Michelite, Maravilla de Venecia, AB136 y G19833, aunque resulta imprescindible contrastar su comportamiento mediante un test en campo.

Paquini, *et al.* (2016), en la presente investigación evaluaron bajo riego normal y restringido, el desempeño en rendimiento de grano y sus componentes de 16 variedades de trigo harinero liberadas desde la década de 1940 hasta el 2015. Durante el ciclo de cultivo otoño-invierno (2014 a 2015) se establecieron cuatro experimentos, dos en Montecillo, Edo. de México y dos en Celaya, Guanajuato, en una fecha de siembra óptima y otra tardía. El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo de parcelas divididas. El riego restringido no fue lo suficientemente severo como para detectar diferencias significativas en el rendimiento y sus componentes, excepto para la fecha tardía en Celaya. Los análisis combinados y para fechas de siembra revelaron diferencias significativas entre los niveles de riego para todas las variables en estudio, de las cuales las más afectadas por restringir el riego fueron rendimiento de grano, biomasa aérea, y número de granos por m², con una reducción de 20.3, 16.8, y 14.5 %, respectivamente. La ganancia del rendimiento de grano fue 1.21 % anual (41.77 kg ha⁻¹), que representó un aumento acumulado de 2.8 t ha⁻¹ en 67 años. Bajo riego normal el progreso de 1.10 % fue menor que bajo riego restringido (1.35 %), lo que indica que en el futuro el rendimiento podría mantenerse con menos

consumo de agua y esto permitiría ampliar el área sembrada usando el mismo volumen de agua.

Quiroz y Rojas (2016), trabajando en Lambayeque con 10 genotipos de trigo similares a los que se evaluaron en el presente trabajo, determinaron que los rendimientos de grano se redujeron seriamente cuando la deficiencia hídrica ocurrió en la etapa vegetativa, registrando un rendimiento de grano de 2168.6, y superado por el valor promedio obtenido en el ambiente controlado, equivalente a 4547.00 kg/ha, en términos de porcentaje equivale a una reducción del rendimiento de grano de 52.30%.

Ayed, *et al.*, (2017), evaluaron la respuesta al estrés hídrico de tres variedades de trigo duro (Mâali, Nasr y Salim) y dos de trigo harinero (Tahent y Utique). El diseño experimental fue bloques completamente al azar, los tratamientos fueron en condiciones de secano (T0) e irrigación aplicada en los estados de brote y floración (T1, testigo). Las variables analizadas fueron plantas por metro cuadrado (NP), brotes por metro cuadrado (NT), espigas por metro cuadrado (NE), semillas por espiga (NSE) y peso de 1000 semillas (TKW). NP, NE, NSE y TKW fueron afectados por el estrés hídrico significativamente, pero NT no presentó cambios. Riegos suplementarios aumentaron el rendimiento de granos 74.4 %, 42.3 %, 36.1 %, 33.7 % y 24.5 % en Utique, Tahent, Nasr, Mâali y Salim, respectivamente, comparado con el testigo. Además se evaluaron y ajustaron al estrés hídrico el índice de tolerancia al estrés (STI), tolerancia al estrés (TOL), índice de susceptibilidad al estrés (SSI) y productividad promedio (MP), con base en rendimiento de grano bajo sequía (Ys) y condiciones normales (Yp). Estos índices pudieron seleccionar un genotipo tolerante al estrés por sequía (Nasr), que presentó el STI más elevado (1.10). En contraste, Salim presentó el STI menor (0.27), y se le consideró un genotipo susceptible.

Valdés, *et al.* (2017), evaluaron el efecto de la limitación de la fuente durante la etapa de llenado de grano (antes a madurez fisiológica) sobre los componentes fisiológicos y numéricos del rendimiento de trigo mediante defoliación y estrés hídrico, a una densidad de 350 semillas m² y una dosis de fertilización de 200-

60-30 (N-P-K). En el experimento 1 (temporal), llevado a cabo en el ciclo verano-otoño 2013, se estudiaron 60 líneas elite (CIMCOG) y dos tratamientos de reducción de fuente (defoliado y sin defoliar), bajo un diseño de parcelas divididas con dos repeticiones. El experimento 2 (riego) efectuado en invierno – primavera 2013 - 2014, consistió de 20 genotipos seleccionados del experimento 1 y sometidos a dos regímenes hídricos (riego y sequía) en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en donde cada régimen de agua se consideró un ambiente. Los resultados mostraron que las condiciones de estrés (defoliación y sequía) afectaron significativamente el rendimiento de grano y sus componentes. Se observó una respuesta diferencial en el comportamiento de los genotipos en ambos experimentos. El rendimiento de grano fue menos afectado por defoliación y más drásticamente por sequía a través de reducciones en el número de granos y el peso individual de los mismos.

Bedogni y Capezio (2018), reportan que el objetivo de su trabajo fue evaluar el comportamiento de dos variedades de papa, Spunta y Newen INTA frente a sequía en condiciones de campo. Se realizaron dos experimentos, uno bajo riego y otro en seco. En cada uno se siguió un diseño experimental de bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. A partir de los 45 días después de plantación y cada 15 días se midió conductancia estomática en el folíolo terminal, número de tubérculos, peso fresco y seco de follaje y tubérculos. A la cosecha se clasificaron los tubérculos por tamaño, y se calculó el rendimiento total y comercial, el porcentaje de materia seca y se evaluó la aptitud para freír de los mismos. La variedad Newen INTA fue la que mantuvo mayor conductancia estomática frente a sequía. Ambas variedades redujeron el rendimiento total y el rendimiento comercial bajo condiciones de seco. Newen INTA fue la que obtuvo los mayores rendimientos en condiciones de sequía sin diferir estadísticamente de Spunta.

Dell'amico, Guillama y González (2018), cuyo trabajo consistió en evaluar el comportamiento de cinco líneas de tomate en condiciones de campo y cultivadas en dos variantes de riego. Las posturas se plantaron en bloques de 1000 m² cada

uno en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado. Se establecieron dos tratamientos de humedad (T1 y T2) del suelo, diferenciados por su disposición de las líneas de riego por goteo. El tratamiento T1 donde la humedad se mantuvo entre el 22 y 36 % (bien abastecido) y T2 donde la humedad estuvo entre 14 y 22 % (estrés). Se realizaron evaluaciones de contenido volumétrico del agua en el suelo (CVA) y conductancia estomática (gs) a los 23, 30, 39, 44 y 51 DDT y del rendimiento y sus componentes. Los resultados, evidenciaron un efecto diferenciado de los tratamientos en la humedad del suelo, que indujeron diferencias significativas de la gs a favor de las plantas cultivadas en T1. La disminución del riego a las plantas de las líneas cultivadas con T2, en la mayoría de los casos, no tuvo un efecto negativo en el rendimiento de las plantas y sus componentes.

Gurumurthy, *et al* (2019), señalan que la respuesta del estrés por sequía en caracteres morfo-fisiológicos y bioquímicos se evaluó en genotipos de grano negro en un experimento de cultivo en maceta. El estrés hídrico se aplicó en la etapa de floración del cultivo y se analizaron varias características morfo-fisiológicas y bioquímicas bajo condiciones de control y estrés hídrico. Los genotipos, los niveles de agua y su interacción variaron significativamente para la mayoría de los rasgos cuantificados, lo que revela la presencia de una diversidad genética sustancial. Sobre la base de estos estudios, los genotipos PGRU95016, COBG05, IPU99209, IPU941 e IPU243 se identificaron como tolerantes a las condiciones de estrés por sequía. La fotosíntesis, la conductancia estomática, la tasa de transpiración, la clorofila total, el contenido de prolina y la actividad de la peroxidasa podrían ser útiles para detectar la tolerancia a la sequía en granos negros.

CAP. III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS DE VARIANCIA

En la Tabla N° 03, el análisis de variancia para los ambientes riego (R1) y déficit hídrico (R0), señalan que en la fuente de variación ciclo de siembra, todas las características mostraron entre alta y muy alta significación estadística, que implica rechazar la hipótesis nula; en cuanto a la fuente de variación genotipo, con excepción del rendimiento de grano en condiciones controladas, las características mostraron significación y alta significación estadística, lo que implica que los genotipos tuvieron un comportamiento diferente dentro de cada ambiente de humedad, rechazándose la hipótesis nula. En lo que se refiere a la interacción genotipo por ciclo de siembra para riego, las características días a la madurez de cosecha, altura de planta, longitud de espiga y rendimiento de grano no mostraron interacción con el ciclo de siembra; en tanto el ambiente de déficit hídrico, solo los atributos longitud de espiga y materia seca total no exhibieron interacción con el ciclo de siembra. Los coeficientes de variabilidad fluctúan entre 3.59 y 23.60 % en el ambiente húmedo y de 2.30 a 29.14 % para el ambiente déficit hídrico, los cuales se consideran aceptables. Gómez y Gómez (1984) y Patel *et al.* (2001), citados por Gordón y Camargo (2015), mencionan que los coeficientes de variabilidad varían considerablemente de acuerdo al tipo de experimento, indicando que los rangos aceptables deben ser entre 6 a 8 % para evaluación de cultivares, 10 a 12 % para fertilización y 13 a 15 % para ensayos de evaluación de plaguicidas. Asimismo, los mencionados autores al reportar a Pimentel (1985), éste indican que normalmente en los ensayos agrícolas de campo los CV se consideran bajos cuando son inferiores a 10 %; medios de 10 a 20 %, altos cuando van de 20 a 30 % y muy altos cuando son superiores a 30 %.

3.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

3.2.1. Días a la madurez de cosecha

La prueba de Duncan detectó diferencias estadísticas entre los valores promedios obtenidos por los genotipos, para esta característica, tanto en condiciones de déficit hídrico (R0) como de riego (R1). En condiciones de

Tabla N° 04. Análisis de variancia de las características evaluadas en 36 materiales genéticos de trigo (*Triticum aestivum* L.), para aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque – Perú, 2016-2017.

Ambientes	Característica	GL	CUADRADOS MEDIOS				C.V. (%)
			Ciclo siembra	Genotipo	Gen. x Ciclo	Error	
			2	35	70	210	
Riego	Días a madurez cosecha		855.16 **	63.91 **	14.43 n.s	12.20	3.59
	Altura de planta		8186.05 **	69.17 **	27.31 n.s	30.35	6.63
	Longitud de espiga		10.11 **	2.70 **	0.77 n.s	0.72	8.89
	N° espigas / m ²		885403.70 **	31934.76 **	21925.45**	12047.97	20.61
	N° macollos / m ²		509514.43 **	37406.68 **	23171.33 **	14246.87	19.91
	N° granos por espiga		6393.34 **	64.09 **	47.18 **	26.11	11.68
	Materia seca total		1384513108.33 **	47336511.98 **	45724022.30 **	22095055.8	23.60
	Rendimiento de grano		251579372.49**	2596938.89 n.s	1918917.57 n.s	1867415.27	19.03
Déficit hídrico	Días a madurez cosecha		677.80 **	42.77 **	8.80 **	4.38	2.30
	Altura de planta		8655.36 **	88.77 **	48.92*	35.18	8.65
	Longitud de espiga		91.21 **	3.55 **	0.88 n.s	0.91	10.15
	N° espigas / m ²		178369.98 **	30035.42 **	15212.05 *	10858.99	27.79
	N° macollos / m ²		89757.18 **	31069.96 **	15202.22 *	10674.54	24.30
	N° granos por espiga		6415.70 **	94.28 **	41.03 *	27.17	13.44
	Materia seca total		848486203.70 **	18174936.51**	13157592.59 n.s	10441957.89	24.54
	Rendimiento de grano		175962357.96 **	2569872.80**	2112550.41**	1089901.85	29.14

* y ** = Significación y alta significación estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

déficit hídrico las líneas genéticas FAG-27-UNPRGLAM y FAG-23-UNPRGLAM necesitaron de 94.11 y 94.00 días para llegar a la madurez de cosecha, comportándose como los más tardíos, mostrando similitud estadística con grupo nueve líneas genéticas, pero superiores a los genotipos restantes, incluyéndose al genotipo testigo ANDINO, cuyos valores fluctuaron entre 91.67

y 85.89 días, correspondiendo estos promedios a las líneas FAG-48-UNPRGLAM y FAG-39-UNPRGLAM. Esta última, conjuntamente con las líneas FAG-53-UNPRGLAM (87.67), FAG-07-UNPRGLAM (87.44 días), FAG-36-UNPRGLAM (86.78 días) y FAG-10-UNPRGLAM (86.00 días), se comportaron como las más precoces dentro del ambiente de deficiencia hídrica. Tabla N° 05, Figura N° 05.

En cuanto al comportamiento de los genotipos en el ambiente de riego (R1), la línea genética FAG-57-UNPRGLAM se comportó como la más tardía, necesitando de 101.44 días para alcanzar la madurez de cosecha, mostrando similitud estadística con un conjunto de 14 genotipos cuyos valores promedios oscilaron entre 101.33 y 97.89 días, correspondiendo éstos, a los genotipos FAG-50-UNPRGLAM y FAG-15-UNPRGLAM; pero superior estadísticamente a los genotipos restantes, en el cual se incluye al genotipo testigo ANDINO, oscilando sus valores entre 97.44 y 91.78 días, correspondiendo éstos, a los genotipos FAG-52-UNPRGLAM y FAG-39-UNPRGLAM. Tabla N° 05, Figura N° 05.

Los genotipos, mostraron una mayor precocidad cuando se desarrollaron en el ambiente de deficiencia hídrica; este efecto se hace más acentuado en algunos genotipos, como FAG-10- UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-57-UNPRGLAM, FAG-53-UNPRGLAM, FAG-51-UNPRG y FAG-2-UNPRG, que reducen sus requerimientos de tiempo para alcanzar la madurez de cosecha en 10.31% (100 - 89.69), 9.27% (100 - 90.72), 8.75% (100 - 91.25), 8.68% (100 - 91.32), 8.65% (100 - 91.35) y 8.04% (100 - 91.96), comparado con los tiempos estimados en condiciones controladas o de riego (R1).

Comparando los promedios obtenidos en cada Ciclo de siembra, en condiciones de déficit hídrico, se observa que en el primer ciclo de siembra (C1) los genotipos en conjunto expresan un comportamiento más precoz con 87.99 días, comparado con los valores de tiempo registrados en los Ciclos 2 y Ciclo 3, equivalentes a 92.86 y 91.44 días, que a la vez son similares estadísticamente. Estos resultados, hacen suponer que los materiales genéticos están respondiendo

a un proceso de aclimatación, hasta tener la capacidad de requerir los días que normalmente se necesita para condiciones controladas (R1). Esto puede ser favorable, toda vez que dispondría de mayor número de días para formar mayor cantidad de asimilados, en combinación con otros factores como la apertura de estomas y capacidad para extraer nutrientes del suelo. Tabla N° 05, Figura N° 06.

El efecto causado por el déficit hídrico durante los ciclos de siembra, es mucho más evidente en el primer ciclo (C1) cuando comparamos los valores, con los obtenidos en condiciones controladas, registrándose una reducción de 8.64 % ($100\% - 91.36\%$) las necesidades diarias para alcanzar la madurez de cosecha; esto se esperaba, considerando el inicio de un proceso de aclimatación; sin embargo, este efecto se recorta cuando comparamos valores del tercer ciclo en condiciones de deficiencia hídrica con los valores de condiciones controladas, registrándose una reducción de 2.54% ($100 - 97.46\%$).

3.2.2. Altura de planta

Los valores promedio obtenidos en condiciones de deficiencia hídrica ($C1 + C2 + C3 / 3$) mostraron diferencias estadísticas, donde la línea FAG-11-UNPRGLAMB registró la mayor altura de planta con 76.06 cm, siendo similar a un grupo de doce genotipos, pero superior estadísticamente sobre el resto de materiales genéticos, donde las líneas FAG-36-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-46-UNPRGLAM, FAG-51-UNPRGLAM y FAG-17-UNPRGLAM, registraron las menores alturas con 65.52, 64.86, 63.75, 63.32 y 62.62 cm. En cuanto al comportamiento de los genotipos en el ambiente

Tabla N° 5. Días a la madurez de cosecha. Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1x100
	Promedios (C1+C2+C3/3)	Promedios (C1+C2+C3/3)	
FAG – 1-UNPRGLAM	89.22 I J K L M	94.44 H I J	94.47
FAG – 2-UNPRGLAM	92.78 A B C D E F	100.89 A B C	91.96
FAG – 3-UNPRGLAM	90.67 E F G H I J K	95.00 G H I J	95.44
FAG – 4-UNPRGLAM	90.44 F G H I J K	97.22 C D E F G H	93.03
FAG – 7-UNPRGLAM	87.44 M N O	94.00 H I J	93.02
FAG – 8-UNPRGLAM	90.56 E F G H I J K	97.22 C D E F G H	93.15
FAG – 10-UNPRGLAM	86.00 O	95.89 F G H I	89.69
FAG – 11-UNPRGLAM	89.89 H I J K	95.67 G H I	93.96
FAG – 12-UNPRGLAM	91.00 D E F G H I J K	94.56 H I J	96.24
FAG – 13-UNPRGLAM	89.78 H I J K L	95.22 G H I J	94.29
FAG – 14-UNPRGLAM	88.67 K L M N	94.11 H I J	94.22
FAG – 15-UNPRGLAM	91.11 D E F G H I J	97.89 A B C D E F G H	93.07
FAG – 17-UNPRGLAM	91.44 C D E F G H I	100.78 A B C D	90.73
FAG – 20-UNPRGLAM	90.44 F G H I J K	96.33 E F G H I	93.89
FAG – 21-UNPRGLAM	90.11 H I J K	96.22 E F G H I	93.65
FAG – 22-UNPRGLAM	90.44 F G H I J K	96.89 D E F G H	93.34
FAG – 23-UNPRGLAM	94.00 A	101.22 A B	92.87
FAG – 25-UNPRGLAM	92.89 A B C D E	100.56 A B C D	92.37
FAG – 27-UNPRGLAM	94.11 A	99.67 A B C D E F	94.42
FAG – 31-UNPRGLAM	91.11 D E F G H I J	97.89 A B C D E F G H	93.07
FAG – 32-UNPRGLAM	92.11 A B C D E F G H	97.89 A B C D E F G H	94.10
FAG – 35-UNPRGLAM	93.89 A B	100.33 A B C D	93.58
FAG – 36-UNPRGLAM	86.78 N	92.56 I J	93.76
FAG – 39-UNPRGLAM	85.89 O	91.78 J	93.58
FAG – 43-UNPRGLAM	93.67 A B C	99.89 A B C D E	93.77
FAG – 46-UNPRGLAM	89.00 K L M	95.22 G H I J	93.47
FAG – 47-UNPRGLAM	90.33 G H I J K	95.89 F G H I	94.20
FAG – 48-UNPRGLAM	91.67 B C D E F G H	98.78 A B C D E F G	113.17
FAG – 50-UNPRGLAM	93.22 A B C D	101.33 A B	92.00
FAG – 51-UNPRGLAM	92.56 A B C D E F G	101.33 A B	91.35
FAG – 52-UNPRGLAM	91.33 D E F G H I J	97.44 B C D E F G H	93.73
FAG – 53-UNPRGLAM	87.67 L M N O	96.00 E F G H I	91.32
FAG – 55-UNPRGLAM	93.22 A B C D	100.33 A B C D	92.91
FAG – 57-UNPRGLAM	92.56 A B C D E F G	101.44 A	91.25
FAG – 58-UNPRGLAM	90.56 E F G H I J K	97.22 C D E F G H	93.15
ANDINO	91.00 D E F G H I J K	97.44 B C D E F G H	93.39
DLS	2.4197	4.039	
COMPARACIÓN DE CICLOS DE SIEMBRA			
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1x100
	Promedios	Promedios	
Ciclo 2	92.86 A	100.60 A	92.31
Ciclo 3	91.44 A	93.82 C	97.46
Ciclo 1	87.99 B	96.31 B	91.36
DLS	2.036	3.40	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

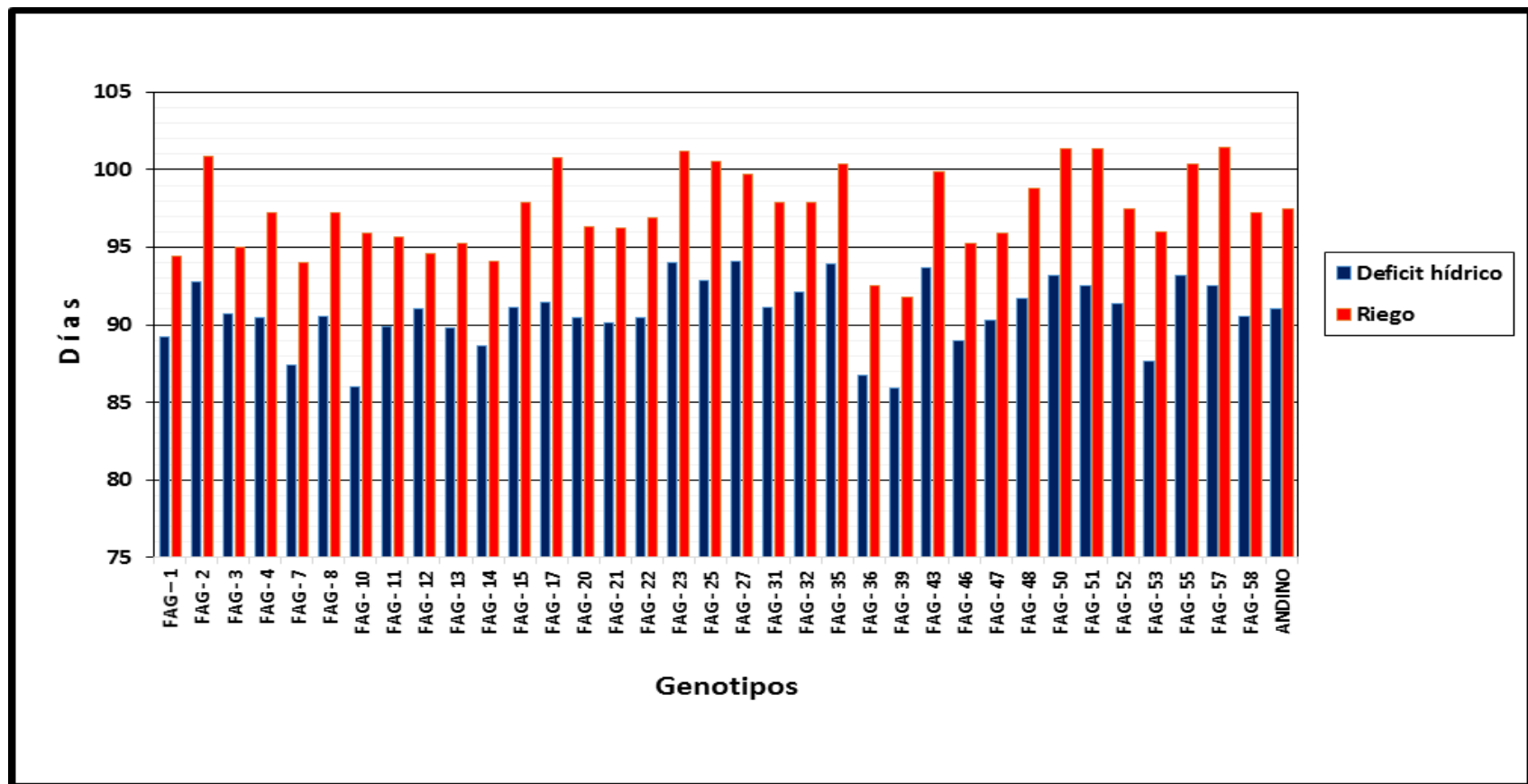


Figura 05. Días a la madurez de cosecha de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

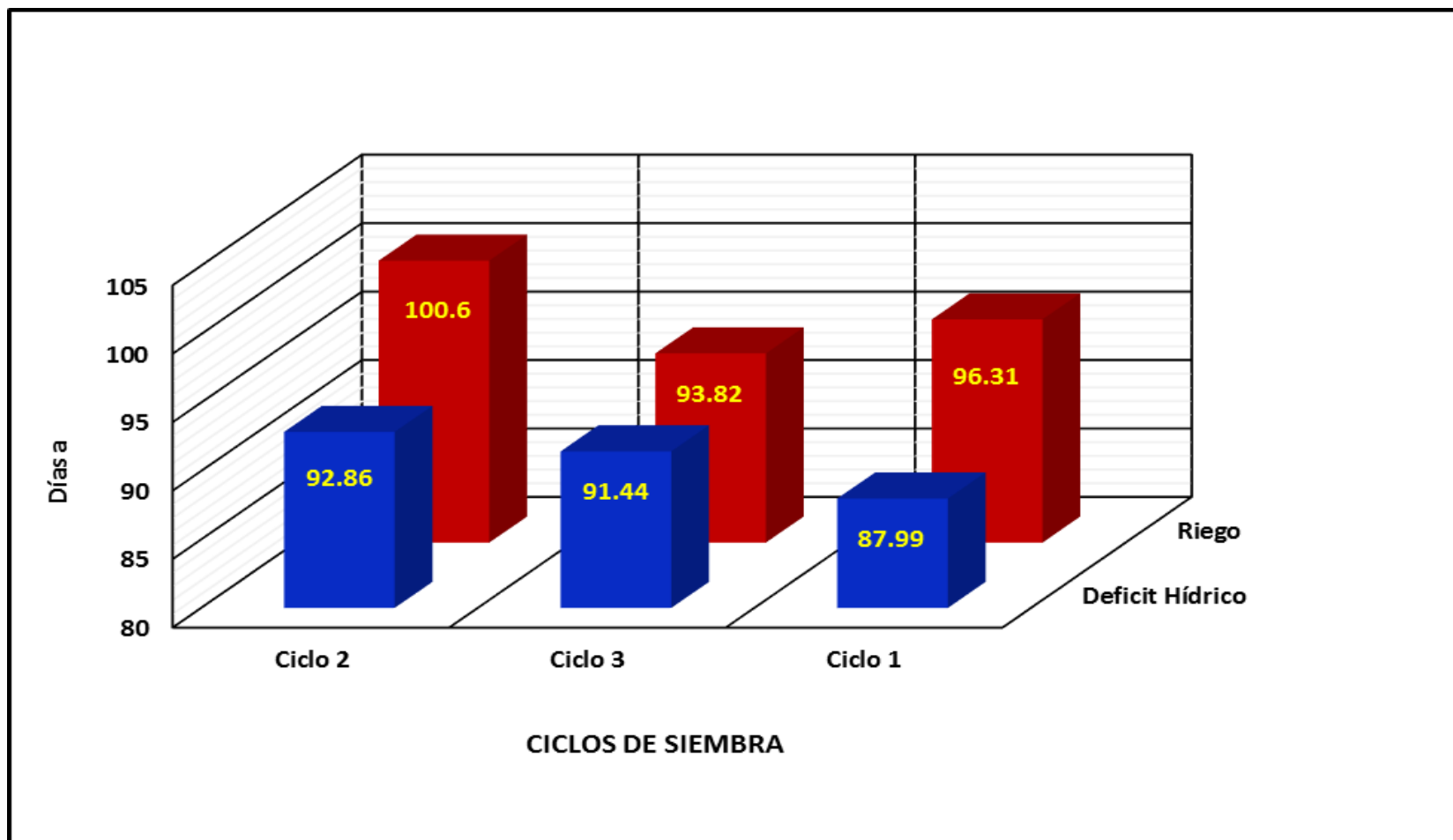


Figura 06. Días a la madurez de cosecha de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

controlado (R1), los valores promedio variaron estadísticamente, donde la línea FAG-4-UNPRGLAM registra la mayor altura de planta con 86.81 cm, mostrando similitud estadística con un grupo de 23 genotipos, incluyendo al material testigo ANDINO, cuyos valores fluctuaron entre 86.66 y 80.43 cm, para los genotipos FAG-55-UNPRGLAM y FAG-10-UNPRGLAM. El resto de materiales fueron superados estadísticamente, donde los genotipos FAG-1-UNPRGLAM, FAG-58-UNPRGLAM, FAG-36-UNPRGLAM, FAG-46-UNPRGLAM y FAG-20-UNPRGLAM mostraron los menores valores de altura de planta, con 79.13, 78.15, 76.89, 76.71 y 76.56 cm. Tabla N° 06, Figura N° 07.

En lo referente al efecto causado por la deficiencia hídrica, se produjo una disminución de la altura de planta cuando los materiales genéticos en estudio, se desarrollaron en dichas condiciones; siendo los más afectados, los genotipos FAG-2-UNPRGLAM, FAG-4-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-21-UNPRGLAM, FAG-51-UNPRGLAM, FAG-52-UNPRGLAM, FAG-55-UNPRGLAM y FAG-57-UNPRGLAM, que disminuyeron su altura de planta en 23.57%, 22.76%, 22.43%, 25.33%, 22.68%, 26.96%, 22.65%, 22.42%, y 22.79%, respectivamente.

Al comparar los valores promedios obtenidos por Ciclo de siembra bajo condiciones de deficiencia hídrica, observamos que mostraron diferencias estadísticas, siendo el promedio obtenido en el primer ciclo de siembra el de mayor valor, con 76.70 cm, superior a los valores registrados en el segundo (70.00 cm) y tercer (58.97 cm) ciclo de siembra, apreciando una tendencia a reducirse el tamaño de planta durante el proceso de aclimatación. Tabla N° 06, Figura N° 8. Los efectos causados por la deficiencia hídrica, se hizo evidente cuando comparamos los valores obtenidos en dicha condición con los obtenidos en condiciones controladas (R1); se observó que la altura de planta de los genotipos en conjunto, en el primer ciclo, se tradujo en una reducción de

Tabla N° 06. Altura de planta (cm). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 x 100
	Promedios (C1+C2+C3/3)	Promedio (C1+C2+C3/3)	
FAG – 1-UNPRGLAM	66.35 D E F G H I	82.46 E F G H I	80.46
FAG – 2-UNPRGLAM	65.97 D E F G H I	86.31 A B C D E F G H I	76.43
FAG – 3-UNPRGLAM	69.67 A B C D E F G H	84.60 A B C D E F G H I	82.35
FAG – 4-UNPRGLAM	69.63 A B C D E F G H	90.15 A	77.24
FAG – 7-UNPRGLAM	70.61 A B C D E F G	85.47 A B C D E F G H I	82.61
FAG – 8-UNPRGLAM	72.88 A B C D	87.90 A B C D E F	82.91
FAG – 10-UNPRGLAM	68.78 B C D E F G H I	83.77 A B C D E F G H I	82.11
FAG – 11-UNPRGLAM	76.06 A	83.63 B C D E F G H I	90.95
FAG – 12-UNPRGLAM	64.86 F G H I	83.61 B C D E F G H I	77.57
FAG – 13-UNPRGLAM	68.93 B C D E F G H I	86.39 A B C D E F G H	79.79
FAG – 14-UNPRGLAM	74.69 A B	83.44 C D E F G H I	89.51
FAG – 15-UNPRGLAM	69.84 A B C D E F G	88.68 A B C D E	78.76
FAG – 17-UNPRGLAM	62.62 I	83.86 A B C D E F G H I	74.67
FAG – 20-UNPRGLAM	68.68 B C D E F G H I	79.89 I	85.97
FAG – 21-UNPRGLAM	66.50 D E F G H I	86.01 A B C D E F G H I	77.32
FAG – 22-UNPRGLAM	66.52 D E F G H I	82.51 E F G H I	80.62
FAG – 23-UNPRGLAM	69.49 A B C D E F G H I	85.14 A B C D E F G H I	81.62
FAG – 25-UNPRGLAM	68.18 B C D E F G H I	86.39 A B C D E F G H	78.92
FAG – 27-UNPRGLAM	68.34 B C D E F G H I	85.23 A B C D E F G H I	80.18
FAG – 31-UNPRGLAM	74.6 A B C	89.76 A B C	83.11
FAG – 32-UNPRGLAM	66.01 D E F G H I	84.24 A B C D E F G H I	78.36
FAG – 35-UNPRGLAM	67.96 B C D E F G H I	85.26 A B C D E F G H I	79.71
FAG – 36-UNPRGLAM	65.52 E F G H I	80.22 G H I	81.68
FAG – 39-UNPRGLAM	66.12 D E F G H I	82.85 D E F G H I	79.81
FAG – 43-UNPRGLAM	68.34 B C D E F G H I	86.28 A B C D E F G H I	79.21
FAG – 46-UNPRGLAM	63.75 G H I	80.05 H I	79.64
FAG – 47-UNPRGLAM	72.10 A B C D E	85.56 A B C D E F G H I	84.27
FAG – 48-UNPRGLAM	72.23 A B C D E	83.06 D E F G H I	86.96
FAG – 50-UNPRGLAM	69.27 B C D E F G H I	85.98 A B C D E F G H I	80.57
FAG – 51-UNPRGLAM	63.32 H I	86.69 A B C D E F G	73.04
FAG – 52-UNPRGLAM	68.92 B C D E F G H I	89.10 A B C D	77.35
FAG – 53-UNPRGLAM	70.99 A B C D E F	89.60 A B C	79.23
FAG – 55-UNPRGLAM	69.81 A B C D E F G H	89.99 A B	77.58
FAG – 57-UNPRGLAM	66.78 D E F G H I	86.49 A B C D E F G	77.21
FAG – 58-UNPRGLAM	65.85 E F G H I	81.49 F G H I	80.81
ANDINO	67.77 C D E F G H I	82.98 D E F G H I	81.67
DLS	6.859	6.37	
COMPARACIÓN DE CICLOS DE SIEMBRA			
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 x 100
	Promedios	Promedios	
Ciclo 1	76.70 A	82.81 B	92.62
Ciclo 2	70.00 B	90.19 A	77.61
Ciclo 3	58.97 C	82.42 B	71.48
DLS	5.772	5.36	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

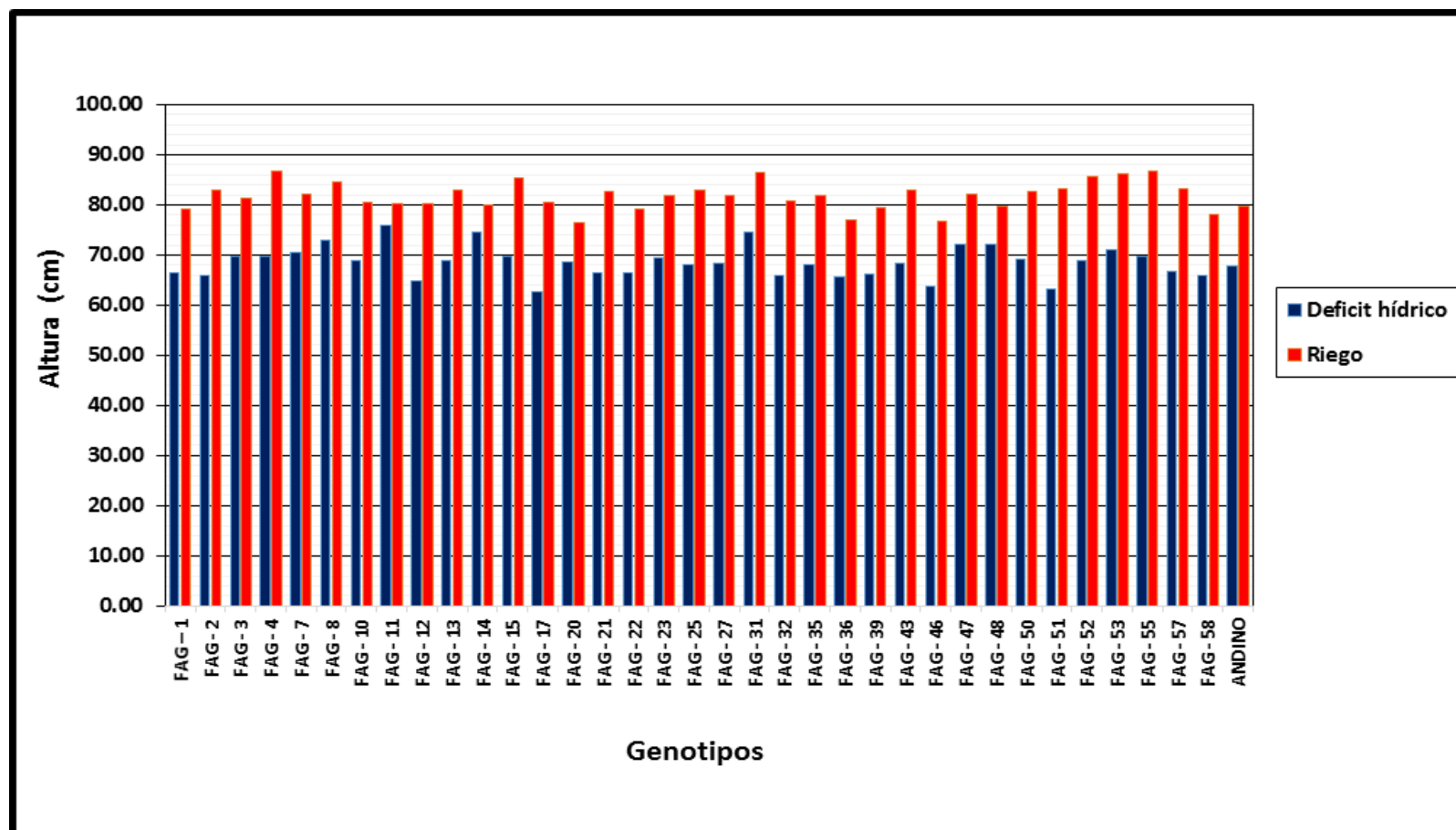


Figura 07. Altura de planta de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

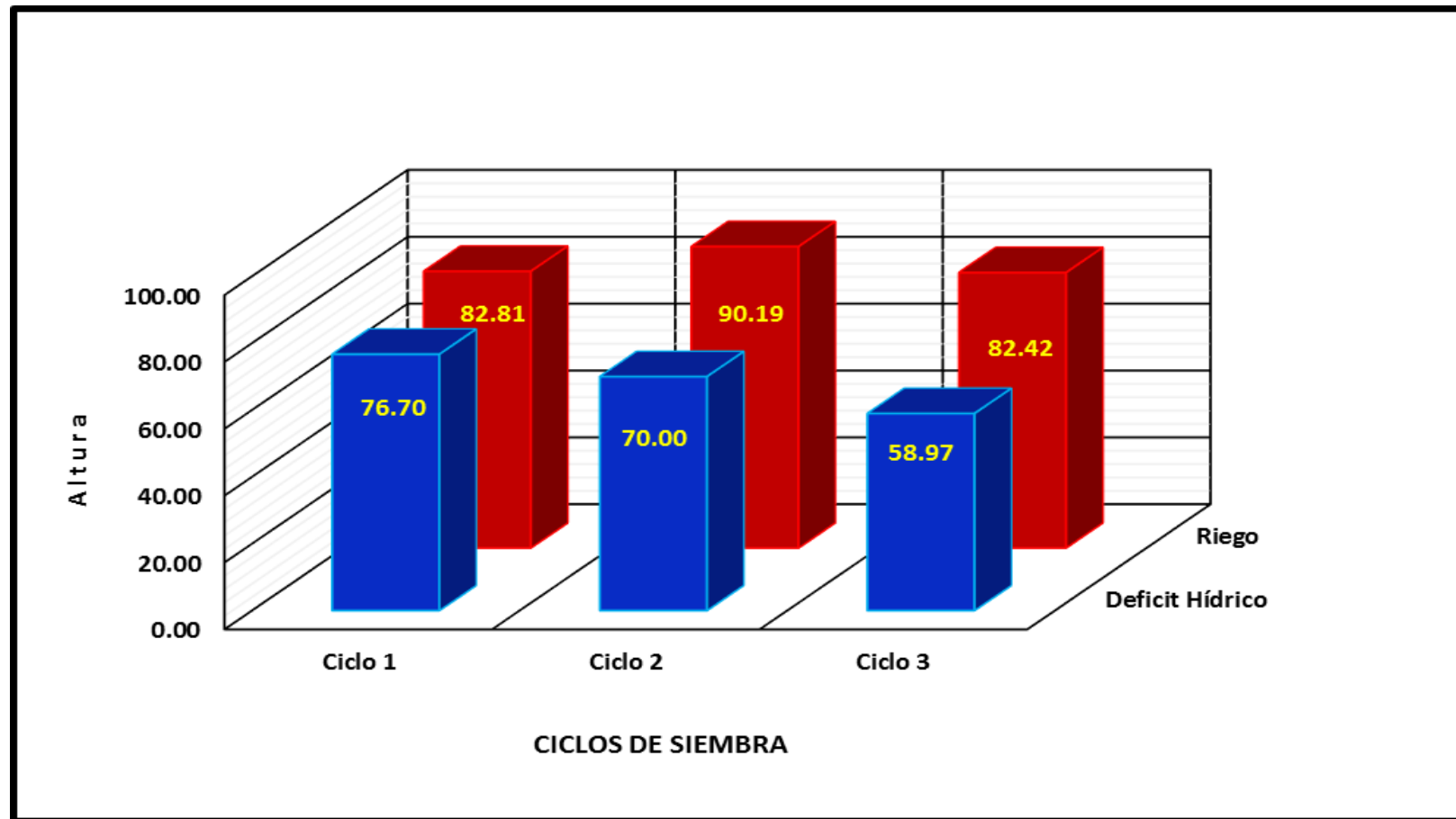


Figura 08. Altura de planta de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

7.38%; en el segundo Ciclo, se redujo en 22.39% (100% - 77.61%); siendo más acentuado el efecto en el tercer ciclo de siembra, ocurriendo una reducción de la altura de planta en 28.52 (100% - 71.48%).

3.2.3. Número de macollos por metro cuadrado

Comparando los valores promedio obtenido para esta característica en condiciones controladas (R1), se determinó diferencias estadísticas, donde el genotipo FAG-23-UNPRGLAM registró el mayor número de macollos/m² con 707.78, mostrando similitud estadística con 26 genotipos, cuyos valores fluctúan entre 705.56 (FAG-57-UNPRGLAM) y 567.78 macollos (FAG-46-UNPRGLAM), pero superior al resto de materiales; los genotipos FAG-53-UNPRGLAM, FAG-14-UNPRGLAM, FAG-8-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM y FAG-48-UNPRGLAM, que produjeron la menor cantidad de macollos/m² con 517.22, 516.67, 511.11, 486.67 y 430.00, correspondientemente. Dentro del ambiente de déficit hídrico, los valores promedio también difirieron estadísticamente, siendo el genotipo FAG-7-UNPRGLAM, el que logró formar la mayor cantidad de macollos/m² con 562.78, mostrando similitud estadística con un grupo de 12 genotipos cuyos valores oscilaron entre 538.89 (FAG-39-UNPRGLAM) y 450.56 (FAG-48-UNPRGLAM), en tanto el genotipo testigo ANDINO formó 431.67 macollos, mientras que los genotipos FAG-8-UNPRGLAM, FAG-15-UNPRGLAM, FAG-53-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM y FAG-27-UNPRGLAM formaron la menor cantidad de macollos, con 358.89, 355.56, 354.44, 339.44 y 323.89. Tabla N° 07, Figura N° 09.

El efecto causado por la deficiencia hídrica sobre el comportamiento de los materiales genéticos, se manifestó en una reducción en la capacidad para formar macollos en la mayor parte de materiales, siendo los genotipos FAG-31-UNRPGLAM, FAG-15-UNRPGLAM, FAG-25-UNRPGLAM, FAG-12-UNRPGLAM, FAG-17-UNRPGLAM, FAG-21-UNRPGLAM y FAG-58-UNRPGLAM los más afectados, reduciendo la formación de macollos en 45.19 (100% - 54.81%), 40.30 (100% - 59.70%), 39.66 (100% - 60.34%) 39.44

(100% – 60.56%), 38.78 (100% – 61.22%), 38.72 (100% – 61.28%), y 38.09 (100% – 61.91%). Los genotipos FAG-14-UNPRGLAM y FAG-48-UNPRGLAM, se mostraron los más estables con 10.00 (100% - 90%) y - 4.00 (100.00% - 104.48%), respectivamente.

Al comparar los valores promedio de los ciclos en condiciones de deficiencia hídrica, no hubo diferencias estadísticas entre los Ciclos 3 y 2 que con mayores valores promedio de 446.94 y 436.02 macollos, fueron superiores al valor obtenido en el Ciclo 1 que registró 392.45 macollos/m². **Tabla N° 07, Figura N° 10.** El número de macollos probablemente sea un buen indicador para determinar, la aclimatación y adaptación de materiales genéticos de trigo, pues se observa que bajo condiciones de deficiencia hídrica, se produjo una tendencia a incrementar la formación del número de macollos conforme se avanzaba el proceso de aclimatación con los ciclos de siembra 1, 2 y 3.

El efecto causado por la deficiencia hídrica (R0), comparado con el ambiente control (R1) en cada ciclo, se hizo evidente con la reducción en la capacidad para formar macollos, siendo de 33.53% (100% – 66.47%) en el tercer ciclo, de 26.14 (100% – 73.86%) en el segundo ciclo y 26.78% (100% - 73.22%) en el primer ciclo.

3.2.4. Número de espigas por metro cuadrado

Los valores promedio obtenidos por los genotipos en condiciones de déficit hídrico (R0) durante los tres ciclos (C1+C2+C3 /3) difirieron estadísticamente; la línea genética FAG-7-UNPRGLAM registró la mayor cantidad de espigas con 502.22, mostrando similitud estadística con un conjunto de 16 genotipos en el que se incluye al genotipo testigo ANDINO, variando sus valores entre 492.22 y 386.67 espigas, perteneciendo éstos a los genotipos FAG-39-UNPRGLAM y FAG-50-UNPRGLAM, pero fue superior a los genotipos restantes. Los genotipos FAG-46-UNPRGLAM, FAG-53-UNPRGLAM, FAG-25-UNPRGLAM, FAG-47-UNPRGLAM, FAG-21-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM, FAG-15-UNPRGLAM, FAG-27-

Tabla N° 07. Número de macollos por metro cuadrado. Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 X 100
	Promedio (C1+C2+C3/3)	Promedio (C1+C2+C3/3)	
FAG – 1-UNPRGLAM	435.56 B C D E F G H I	546.11 E F G H I	79.76
FAG – 2-UNPRGLAM	424.44 B C D E F G H I	651.11 A B C D E F	65.19
FAG – 3-UNPRGLAM	481.11 A B C D E	679.44 A B C D E	70.81
FAG – 4-UNPRGLAM	418.89 C D E F G H I	603.33 A B C D E F G	69.43
FAG – 7-UNPRGLAM	562.78 A	651.67 A B C D E F	86.36
FAG – 8-UNPRGLAM	358.89 F G H I	511.11 G H I	70.22
FAG – 10-UNPRGLAM	478.00 A B C D E F	586.11 A B C D E F G H	81.55
FAG – 11-UNPRGLAM	387.78 D E F G H I	566.11 B C D E F G H	68.50
FAG – 12-UNPRGLAM	417.22 C D E F G H I	688.89 A B C D	60.56
FAG – 13-UNPRGLAM	478.89 A B C D E F	683.33 A B C D E	70.08
FAG – 14-UNPRGLAM	465.00 A B C D E F G	516.67 F G H I	90.00
FAG – 15-UNPRGLAM	355.56 G H I	595.56 A B C D E F G H	59.70
FAG – 17-UNPRGLAM	339.44 H I	554.44 C D E F G H I	61.22
FAG – 20-UNPRGLAM	440.00 B C D E F G H I	616.11 A B C D E F G H	71.42
FAG – 21-UNPRGLAM	366.67 E F G H I	598.33 A B C D E F G H	61.28
FAG – 22-UNPRGLAM	461.11 A B C D E F G	592.78 A B C D E F G H	77.79
FAG – 23-UNPRGLAM	497.78 A B C D	707.78 A	70.33
FAG – 25-UNPRGLAM	371.11 E F G H I	615.00 A B C D E F G H	60.34
FAG – 27-UNPRGLAM	323.89 I	486.67 H I	66.55
FAG – 31-UNPRGLAM	361.11 E F G H I	658.89 A B C D E	54.81
FAG – 32-UNPRGLAM	451.11 A B C D E F G H	691.67 A B C	65.22
FAG – 35-UNPRGLAM	377.22 E F G H I	550.56 D E F G H I	68.52
FAG – 36-UNPRGLAM	431.67 B C D E F G H I	572.22 A B C D E F G H	75.44
FAG – 39-UNPRGLAM	538.89 A B	678.33 A B C D E	79.44
FAG – 43-UNPRGLAM	398.33 D E F G H I	580.56 A B C D E F G H	68.61
FAG – 46-UNPRGLAM	377.22 E F G H I	567.78 A B C D E F G H	66.44
FAG – 47-UNPRGLAM	368.89 E F G H I	577.22 A B C D E F G H	63.91
FAG – 48-UNPRGLAM	450.56 A B C D E F G H	430.00 I	104.78
FAG – 50-UNPRGLAM	431.11 B C D E F G H I	616.11 A B C D E F G H	69.97
FAG – 51-UNPRGLAM	440.00 B C D E F G H I	587.78 A B C D E F G H	74.86
FAG – 52-UNPRGLAM	458.89 A B C D E F G H	570.00 A B C D E F G H	80.51
FAG – 53-UNPRGLAM	354.44 G H I	517.22 F G H I	68.53
FAG – 55-UNPRGLAM	428.33 B C D E F G H I	637.78 B C D E F G	67.16
FAG – 57-UNPRGLAM	467.78 A B C D E F G	705.56 A B	66.30
FAG – 58-UNPRGLAM	371.11 E F G H I	599.44 A B C D E F G H	61.91
ANDINO	534.22 A B C	592.78 A B C D E F G H	90.12
DLS	119.50	138.06	
PROMEDIO DE CICLOS DE SIEMBRA			
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 X 100
	Promedio	Promedio	
Ciclo 3	446.94 A	672.41 A	66.47
Ciclo 2	436.02 A	590.32 B	73.86
Ciclo 1	392.45 B	535.97 B	73.22
DLS	53.49	116.18	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

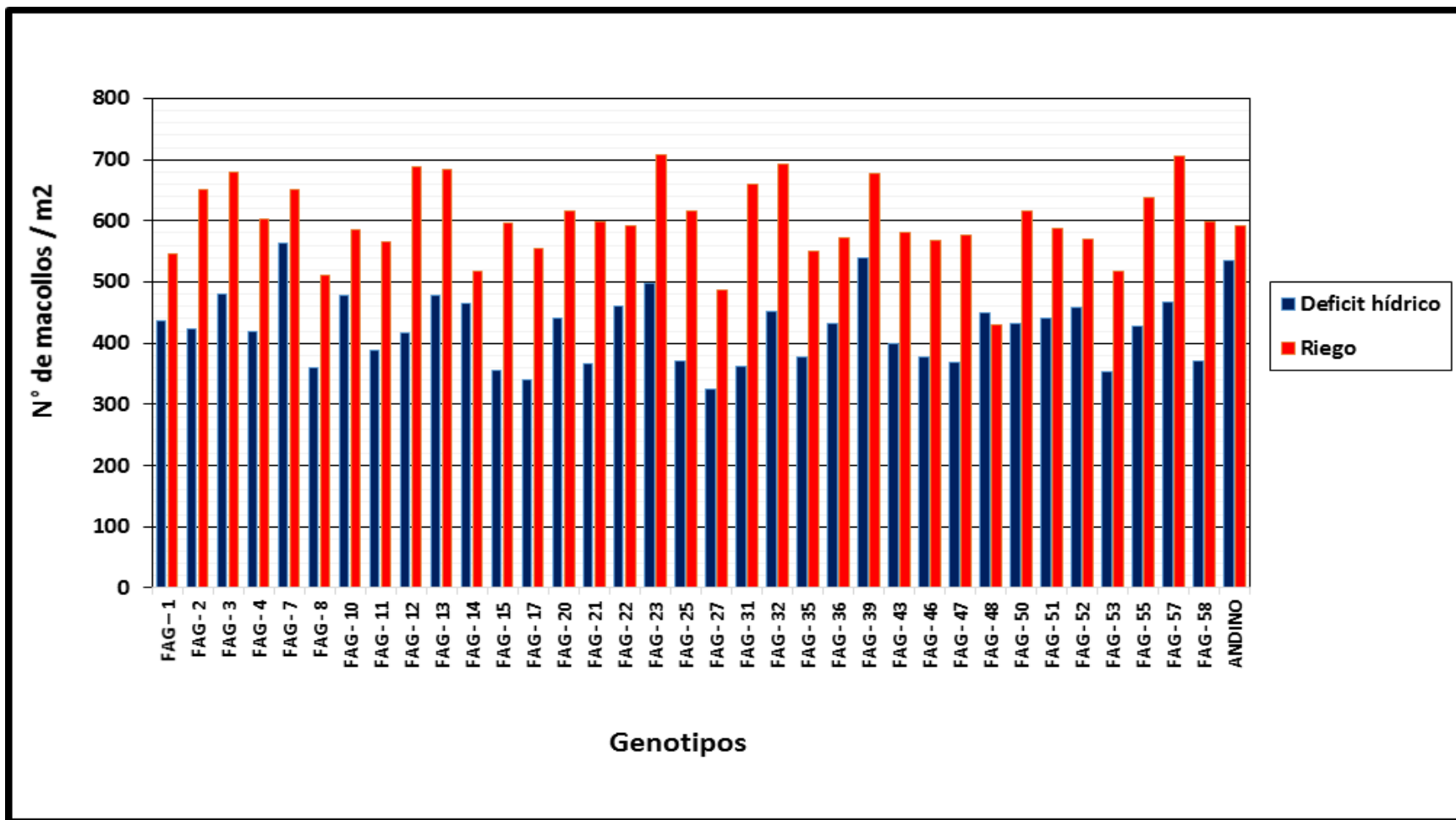


Figura 09. Número de macollos por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 – 2017

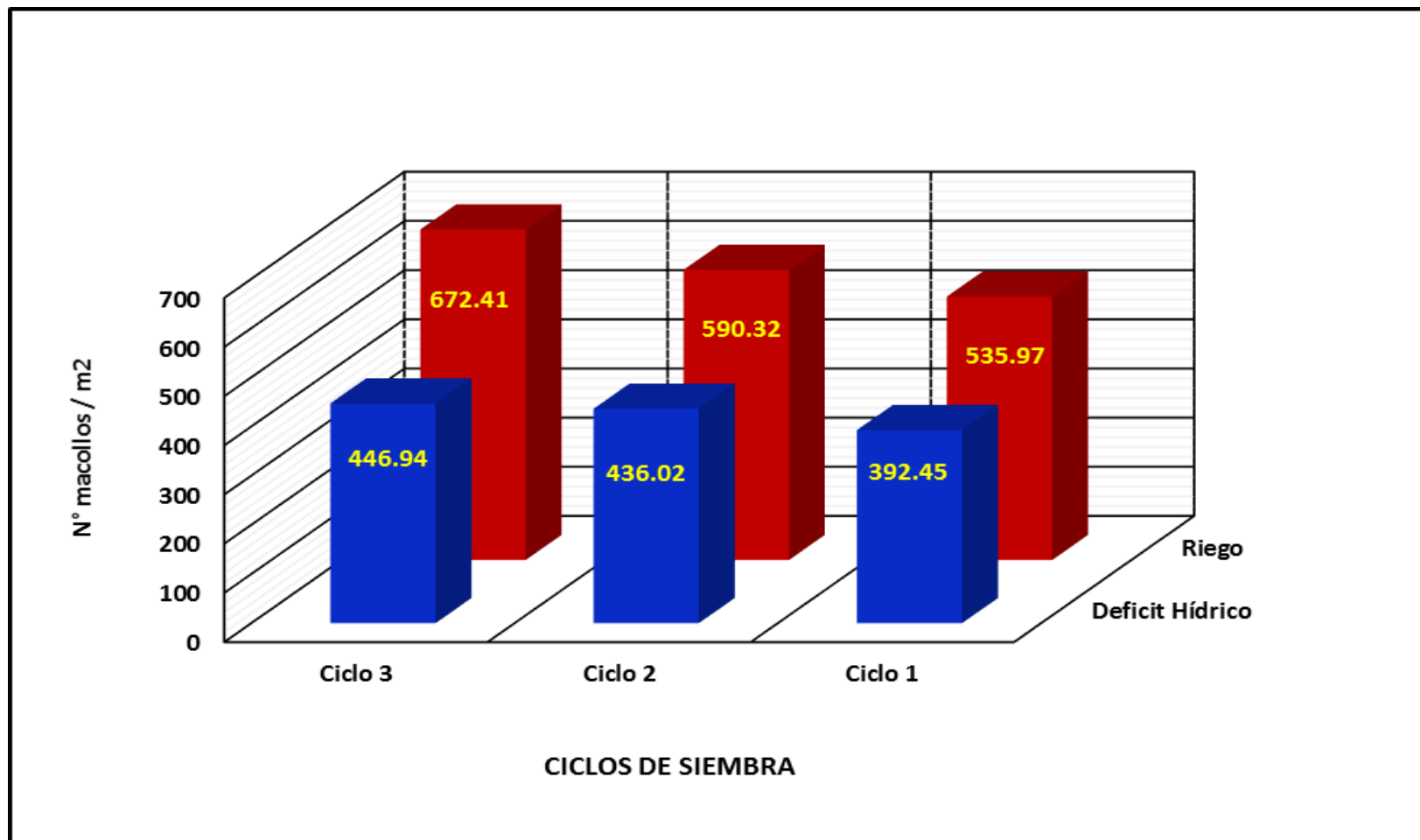


Figura 10. Número de macollos por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque -Perú, 2016 - 2017

UNPRGLAM y FAG-8-UNPRGLAM, formaron la menor cantidad de espigas/m² con 323.33, 322.22, 312.22, 312.22, 310.00, 305.56, 303.33, 301.11, 293.33 y 287.78. Bajo condiciones de riego durante los tres ciclos, los valores promedio obtenidos por los genotipos variaron estadísticamente, siendo el genotipo FAG-32-UNPRGLAM el que registró la mayor cantidad de espigas con 636.11, mostrando similitud estadística con un conjunto de 22 genotipos, comprendiendo sus valores entre 618.33 (FAG-12-UNPRGLAM) y 512.22 (FAG-25-UNPRGLAM) espigas/m². Los genotipos FAG-14-UNPRGLAM, FAG-8-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM y FAG-48-UNPRGLAM, mostraron menor capacidad para formar espigas, registrando valores de 464.44, 432.78, 418.33 y 372.22 espigas. Tabla N° 08, Figura N° 11.

El efecto del déficit hídrico se tradujo en una reducción del número de espigas en la mayor parte del material genético, siendo los más afectados: FAG-31-UNPRGLAM, FAG-15-UNPRGLAM, FAG-21-UNPRGLAM y FAG-2-UNPRGLAM que se redujeron en 47.75 (100% - 52.25%), 46.12 (100% - 53.38%), 42.71 (100% - 57.29%) y 41.28 (100% - 58.72%); mientras los genotipos que mostraron un comportamiento estable fueron FAG-7-UNPRGLAM 9.33 (100% - 90.67%), FAG-59-UNPRGLAM 7.83 (100% - 92.17%) y FAG-48-UNPRGLAM -5.97 (100% - 105.97%).

Al cotejar los valores registrados por ciclo de siembra en condiciones de déficit hídrico, éstos difirieron estadísticamente; siendo en los Ciclos 3 y 2, donde se registró la mayor cantidad de espigas con 408.80 y 386.11, mostrándose superior a la cantidad de espigas obtenidas en el Ciclo 1, equivalente a 329.86. Tabla 08, Figura 12. Estos resultados, al igual que la cantidad de macollos/m², resulta ser un buen indicador que los materiales genéticos fueron sufriendo una aclimatación gradual para poder adaptarse a las condiciones de deficiencia hídrica.

Asimismo, se aprecia que el efecto provocado por la deficiencia hídrica en cada Ciclo, se tradujo en una reducción para formar espigas, siendo mayor en el

Tabla N° 08. Número de espigas por metro cuadrado Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 x 100
	Promedio (C1+C2+C3/3)	Promedio (C1+C2+C3/3)	
FAG – 1-UNPRGLAM	354.44 C D E F G	500.00 B C D E F	70.89
FAG – 2-UNPRGLAM	355.56 C D E F G	605.56 A B	58.72
FAG – 3-UNPRGLAM	420.00 A B C D E	596.67 A B C	70.39
FAG – 4-UNPRGLAM	390.00 A B C D E F G	549.44 A B C D E	70.98
FAG – 7-UNPRGLAM	502.22 A	553.89 A B C D E	90.67
FAG – 8-UNPRGLAM	287.78 G	432.78 E F G	66.50
FAG – 10-UNPRGLAM	462.22 A B C	546.11 A B C D E	84.64
FAG – 11-UNPRGLAM	360.00 C D E F G	500.00 B C D E F	72.00
FAG – 12-UNPRGLAM	377.78 B C D E F G	618.33 A B	61.10
FAG – 13-UNPRGLAM	450.00 A B C D	601.67 A B C	74.79
FAG – 14-UNPRGLAM	416.67 A B C D E	464.44 D E F G	89.71
FAG – 15-UNPRGLAM	301.11 E F G	558.89 A B C D E	53.88
FAG – 17-UNPRGLAM	305.56 E F G	496.11 B C D E F	61.59
FAG – 20-UNPRGLAM	408.89 A B C D E F G	560.56 A B C D E	72.94
FAG – 21-UNPRGLAM	310.00 E F G	541.11 A B C D E F	57.29
FAG – 22-UNPRGLAM	414.44 A B C D E F	497.78 B C D E F	83.26
FAG – 23-UNPRGLAM	452.22 A B C	613.33 A B	73.73
FAG – 25-UNPRGLAM	312.22 E F G	512.22 A B C D E F	60.95
FAG – 27-UNPRGLAM	293.33 F G	418.33 F G	70.12
FAG – 31-UNPRGLAM	303.33 E F G	580.56 A B C D	52.25
FAG – 32-UNPRGLAM	390.00 A B C D E F G	636.11 A	61.31
FAG – 35-UNPRGLAM	336.67 D E F G	492.78 B C D E F	68.32
FAG – 36-UNPRGLAM	391.67 A B C D E F G	516.67 A B C D E F	75.81
FAG – 39-UNPRGLAM	492.22 A B	608.89 A B	80.84
FAG – 43-UNPRGLAM	342.22 C D E F G	518.89 A B C D E F	65.95
FAG – 46-UNPRGLAM	323.33 E F G	505.00 B C D E F	64.03
FAG – 47-UNPRGLAM	312.22 E F G	507.78 B C D E F	61.49
FAG – 48-UNPRGLAM	394.44 A B C D E F G	372.22 G	105.97
FAG – 50-UNPRGLAM	386.67 A B C D E F G	563.89 A B C D	68.57
FAG – 51-UNPRGLAM	396.67 A B C D E F G	536.67 A B C D E F	73.91
FAG – 52-UNPRGLAM	406.67 A B C D E F G	523.33 A B C D E F	77.71
FAG – 53-UNPRGLAM	322.22 E F G	473.89 C D E F G	67.99
FAG – 55-UNPRGLAM	368.89 C D E F G	551.67 A B C D E	66.87
FAG – 57-UNPRGLAM	372.22 C D E F G	610.00 A B	61.02
FAG – 58-UNPRGLAM	332.22 D E F G	518.33 A B C D E F	64.09
ANDINO	451.11 A B C D	489.44 B C D E F	92.17
DLS	120.53	126.96	
COMPARACIÓN DE CICLOS DE SIEMBRA			
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 x 100
	Promedio	Promedio	
Ciclo 3	408.80 A	636.85 A	64.19
Ciclo 2	386.11 A	473.71 B	81.51
Ciclo 1	329.86 B	487.22 B	67.70
DLS	78.02	106.83	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

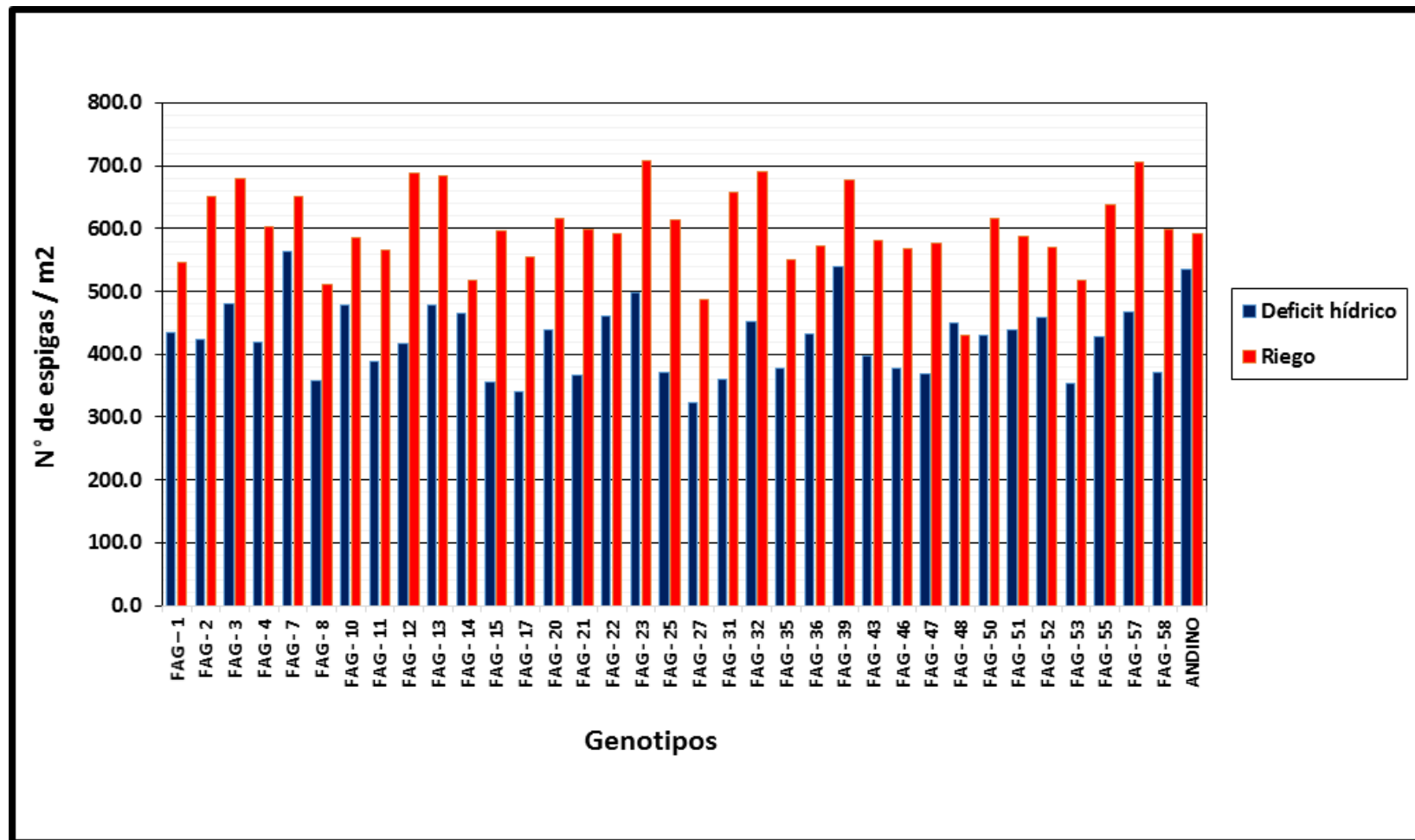


Figura 11. Número de espigas por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque – Perú, 2016 - 2017

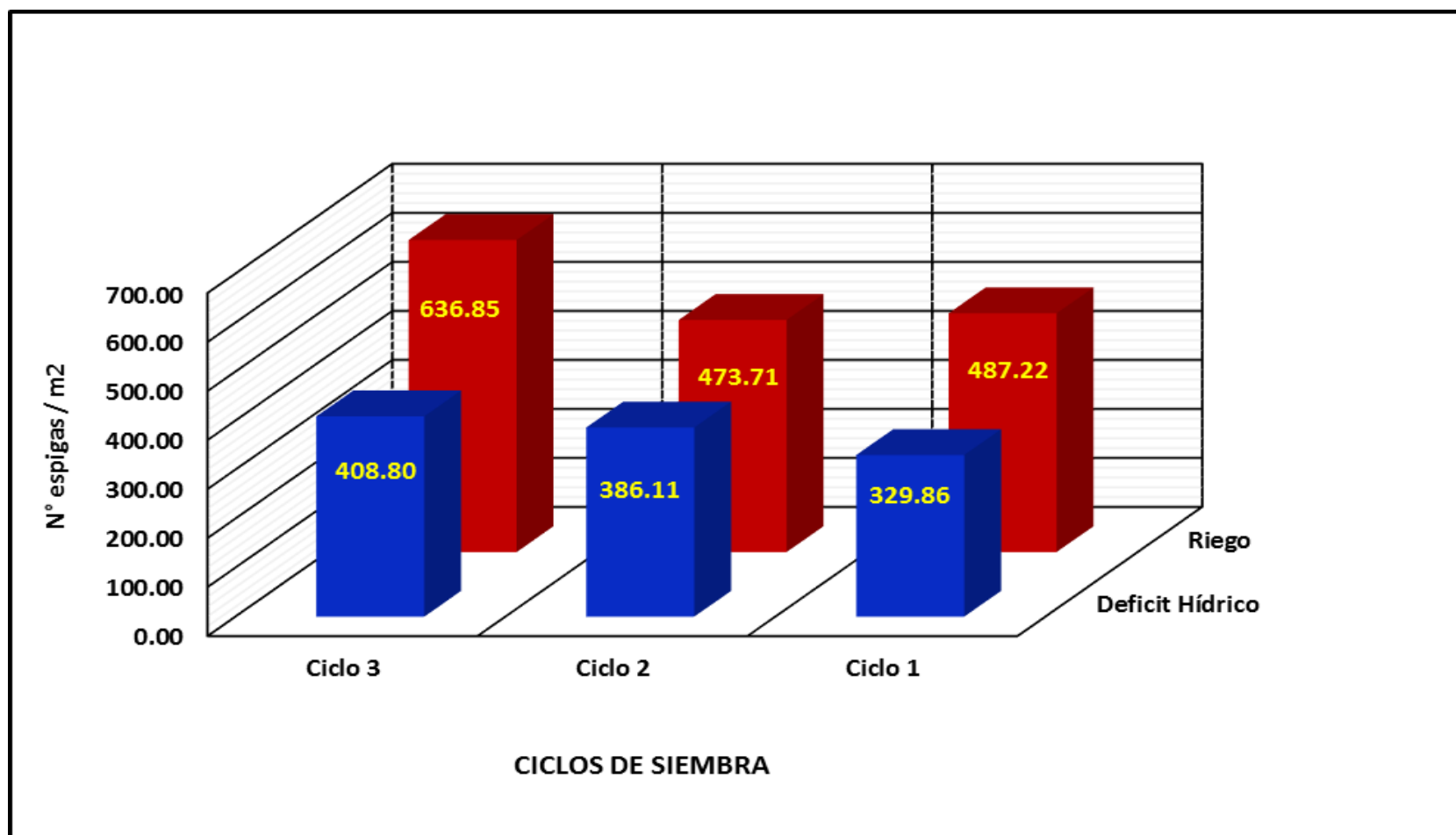


Figura 12. Número de espigas por metro cuadrado de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque -Perú, 2016 - 2017

tercer Ciclo de siembra, reduciéndose la capacidad para formar espigas en un 35.81% (100% - 64.19%). En el segundo y primer ciclo las reducciones fueron menores con 18.49 (100% - 81.51%) y 32.3 (100% - 67.70%), correspondientemente.

3.2.5. Longitud de espiga

Los valores promedios obtenidos por los genotipos durante los tres ciclos de siembra, en condiciones de riego (R1) difirieron estadísticamente, donde el genotipo FAG-25-UNPRGLAM registró la mayor longitud de espiga, con 10.83 cm, mostrando similitud estadística con los genotipos FAG-50-UNPRGLAM (10.76), FAG-35-UNPRGLAM (10.48), FAG-27-UNPRGLAM (10.47), FAG-53-UNPRGLAM (10.40), FAG-31-UNPRGLAM (10.07), FAG-2-UNPRGLAM (10.00) y FAG-20-UNPRGLAM (9.98 cm), pero superior al resto del material genético, en el que se incluye al testigo ANDINO (8.73 cm), y cuyos valores fluctuaron entre 9.86 y 8.69 cm, correspondiendo a los genotipos FAG-4-UNPRGLAM y FAG-13-UNPRGLAM.

En condiciones de deficiencia hídrica (R0), los valores promedio difirieron estadísticamente, donde el genotipo FAG-27-UNPRGLAM registró la mayor longitud de espiga con 10.90 cm, mostrándose similar estadísticamente con los genotipos FAG-20-UNPRGLAM (10.29), FAG-50-UNPRGLAM (10.21), FAG-31-UNPRGLAM (10.20), FAG-25-UNPRGLAM (10.20), FAG-48-UNPRGLAM (10.17), FAG-22-UNPRGLAM (10.03) y FAG-35-UNPRGLAM (9.93 cm), superando al resto de materiales genéticos evaluados, incluyendo al genotipo testigo ANDINO. Los genotipos FAG-10-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM y FAG-7-UNPRGLAM, registraron los menores valores de longitud de espiga, con 8.59, 8.53, 8.48 y 7.92 cm. Tabla N° 09, Figura N° 13.

El efecto causado por la deficiencia hídrica, se expresó en una ligera reducción de la longitud de espiga en la mayor parte del material genético evaluado. Los genotipos más afectados fueron: FAG-7-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-21-UNPRGLAM, FAG-10-UNPRGLAM y FAG-43-UNPRGLAM, que

redujeron la longitud de espiga en 9.90 (100% - 90.10%), 9.26 (100% - 90.74%), 8.07 (100% - 91.93%), 7.93 (100% - 92.07%), y 7.38 (100% - 92.62%).

Al comparar los valores promedio registrados en cada Ciclo de siembra en condiciones de déficit hídrico (R0), se observa que la mayor longitud se obtuvo en el segundo ciclo con 10.45 cm, superando a los valores registrados en el tercer y primer ciclo de siembra, equivalentes a 8.96 y 8.78 cm, respectivamente. Tabla N° 09, Figura N° 14.

En el segundo ciclo de siembra, la longitud de espiga no se redujo al pasar del ambiente controlado (R1) (9.84 cm) al ambiente de déficit hídrico (R0) (10.45 cm); sin embargo, se produjo una ligera disminución en el tercer (8.96 cm) y primer ciclo (8.78 cm) de siembra con respecto a R1 que registró 9.55 y 9.23 cm.

3.2.6. Número de granos por espiga

Los valores promedio obtenidos por los genotipos en condiciones de riego (R1), se diferenciaron estadísticamente, siendo el genotipo FAG-4-UNPRGLAM el que registró el mayor número de granos por espiga con 50.24, mostrándose similar estadísticamente a los genotipos FAG-15-UNPRGLAM, (46.97), FAG-48-UNPRGLAM (46.86), FAG-25-UNPRGLAM (46.77), FAG-11-UNPRGLAM (46.77), FAG-52-UNPRGLAM (46.40), FAG-55-UNPRGLAM (45.75), FAG-27-UNPRGLAM (45.17), FAG-50-UNPRGLAM (45.13), FAG-2-UNPRGLAM (44.83) y FAG-47-UNPRGLAM (44.68), pero superior a los genotipos restantes. Los genotipos FAG-43-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-59-UNPRGLAM y FAG-39-UNPRGLAM, formaron la menor cantidad de granos por espiga, con 40.03, 38.38, 38.02 y 37.43.

El comportamiento de los genotipos en el ambiente de déficit hídrico durante los tres ciclos de siembra, según los valores promedio, fue diferente

Tabla N° 09. Longitud de espiga (cm). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque -Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)		RIEGO (R1)		R0/R1 x 100
	Promedios (C1+C2+C3/3)		Promedios (C1+C2+C3/3)		
FAG – 1-UNPRGLAM	9.67	B C D E F G H	9.25	E F G H I	104.54
FAG – 2-UNPRGLAM	9.41	B C D E F G H I	10.00	A B C D E	94.10
FAG – 3-UNPRGLAM	9.27	B C D E F G H I	9.09	E F G H I	101.98
FAG – 4-UNPRGLAM	9.85	B C D E	9.86	B C D E F	99.90
FAG – 7-UNPRGLAM	7.92	J	8.79	G H I	90.10
FAG – 8-UNPRGLAM	9.54	B C D E F G H I	9.35	E F G H I	102.03
FAG – 10-UNPRGLAM	8.59	H I J	9.33	E F G H I	92.07
FAG – 11-UNPRGLAM	9.50	B C D E F G H I	9.26	E F G H I	102.59
FAG – 12-UNPRGLAM	8.48	I J	8.93	F G H I	94.96
FAG – 13-UNPRGLAM	8.63	H I J	8.69	I	99.31
FAG – 14-UNPRGLAM	9.52	B C D E F G H I	9.24	E F G H I	103.03
FAG – 15-UNPRGLAM	9.72	B C D E F G	9.82	C D E F	98.98
FAG – 17-UNPRGLAM	8.53	I J	9.40	E F G H I	90.74
FAG – 20-UNPRGLAM	10.29	A B	9.98	A B C D E	103.11
FAG – 21-UNPRGLAM	8.77	E F G H I J	9.54	C D E F G H I	91.93
FAG – 22-UNPRGLAM	10.03	A B C D	9.69	C D E F G H	103.51
FAG – 23-UNPRGLAM	9.21	B C D E F G H I	9.26	E F G H I	99.46
FAG – 25-UNPRGLAM	10.20	A B C	10.88	A	93.75
FAG – 27-UNPRGLAM	10.90	A	10.47	A B C	104.11
FAG – 31-UNPRGLAM	10.20	A B C	10.07	A B C D E	101.29
FAG – 32-UNPRGLAM	9.57	B C D E F G H I	9.16	E F G H I	104.48
FAG – 35-UNPRGLAM	9.93	A B C D	10.48	A B C	94.75
FAG – 36-UNPRGLAM	9.37	B C D E F G H I	8.73	H I	107.33
FAG – 39-UNPRGLAM	9.10	C D E F G H I	9.09	E F G H I	100.11
FAG – 43-UNPRGLAM	8.66	F G H I J	9.35	E F G H I	92.62
FAG – 46-UNPRGLAM	9.56	B C D E F G H I	9.75	C D E F G	98.05
FAG – 47-UNPRGLAM	9.52	B C D E F G H I	9.51	D E F G H I	100.11
FAG – 48-UNPRGLAM	10.17	A B C	9.66	C D E F G H I	105.28
FAG – 50-UNPRGLAM	10.21	A B	10.76	A B	94.89
FAG – 51-UNPRGLAM	9.01	D E F G H I	9.36	E F G H I	96.26
FAG – 52-UNPRGLAM	9.02	D E F G H I	9.30	E F G H I	96.99
FAG – 53-UNPRGLAM	9.74	B C D E F	10.40	A B C D	93.65
FAG – 55-UNPRGLAM	9.32	B C D E F G H I	9.27	E F G H I	100.54
FAG – 57-UNPRGLAM	9.00	D E F G H I	9.35	E F G H I	96.26
FAG – 58-UNPRGLAM	8.97	D E F G H I	9.15	E F G H I	98.03
ANDINO	9.01	D E F G H I	9.20	E F G H I	97.93
DLS	1.1033		0.98		
COMPARACIÓN DE CICLOS DE SIEMBRA					
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)		RIEGO (R1)		R0/R1 x 100
	Promedios		Promedios		
Ciclo 2	10.45 A		9.84 A		106.19
Ciclo 3	8.96 B		9.55 A B		93.82
Ciclo 1	8.78 B		9.23 B		95.12
DLS	0.928		0.52		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

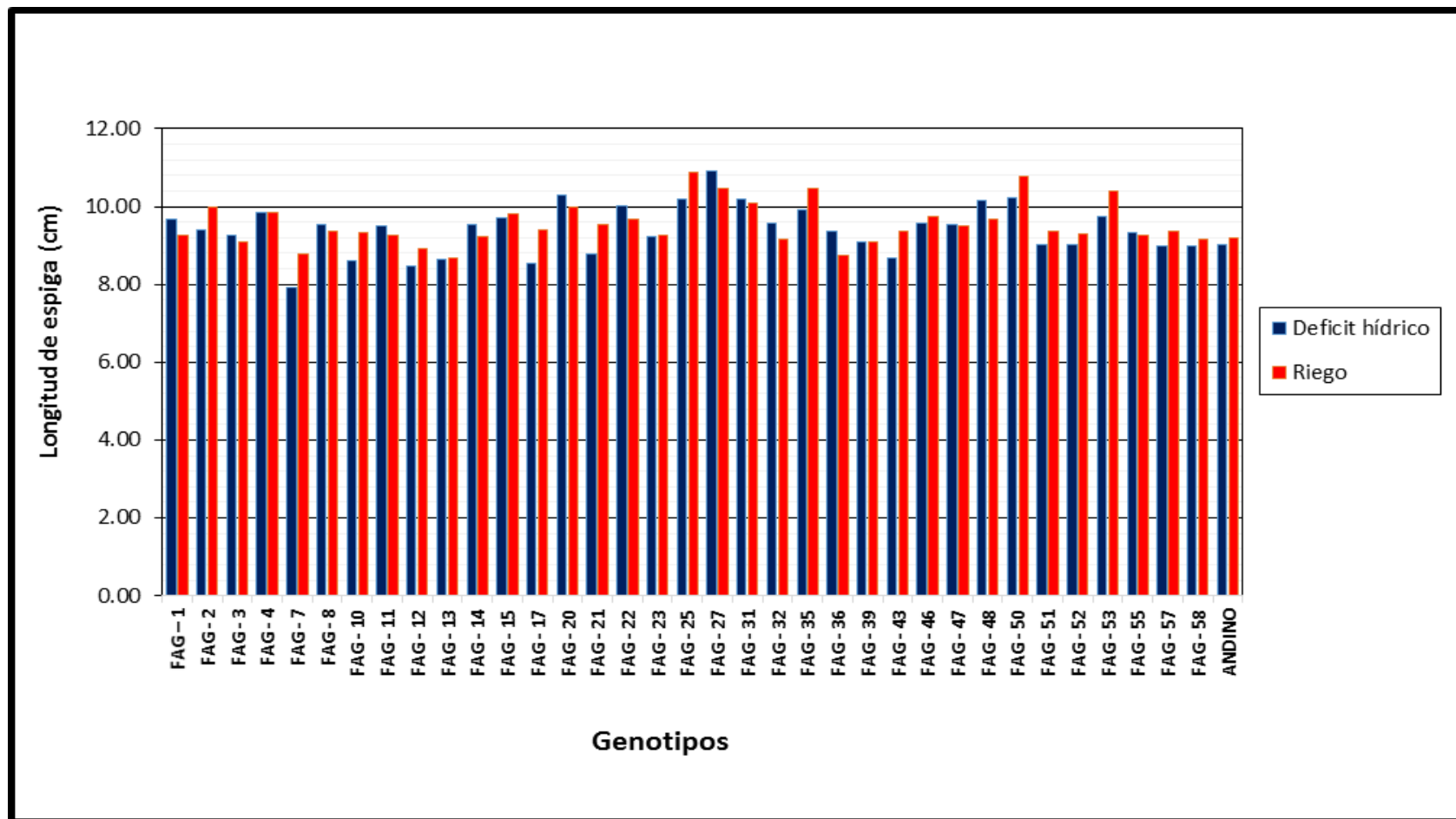


Figura 13. Longitud de espiga de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

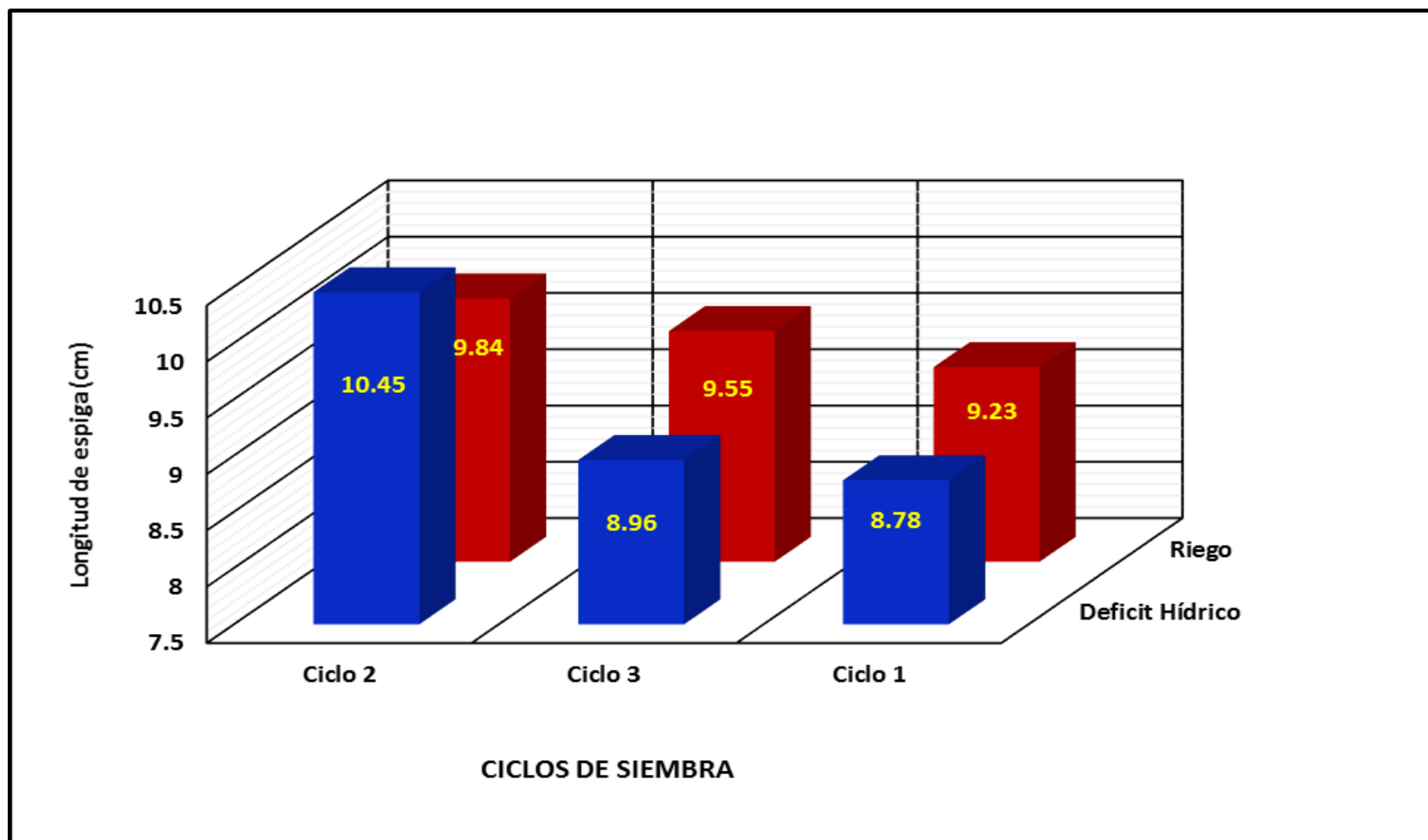


Figura 14. Longitud de espiga de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

estadísticamente; el genotipo FAG-48-UNPRGLAM registró la mayor cantidad de granos por espiga, mostrándose similar estadísticamente con un conjunto de 14 genotipos, cuyos valores promedio oscilaron entre 44.04 y 39.33 granos por espiga, perteneciendo a los genotipos FAG-7-UNPRGLAM y FAG-1-UNPRGLAM; sin embargo fue superior al resto de genotipos evaluados, siendo los genotipos FAG-51-UNPRGLAM, FAG-57-UNPRGLAM, FAG-2-UNPRGLAM, FAG-43-UNPRGLAM y FAG-59-UNPRGLAM los que registraron los menores valores promedio con 34.81, 34.72, 34.11, 33.45 y 31.79. Tabla N° 10, Figura N° 15.

El efecto causado por la deficiencia hídrica, redujo el número de granos por espiga en la mayoría de los genotipos, siendo los más afectados los genotipos FAG-2-UNPRGLAM, FAG-52-UNPRGLAM, FAG-57-UNPRGLAM, FAG-51-UNPRGLAM, FAG-47-UNPRGLAM y FAG-15-UNPRGLAM que redujeron el número de granos por espiga en un 23.91% (100% - 76.09%), 21.75 % (100% - 78.25%), 21.55 % (100% - 78.45%), 20.90 % (100% - 79.10%), 20.66% (100% - 79.14%) y 18.39% (100% - 81.61%). Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Quiroz y Rojas (2016), en su trabajo efecto de la deficiencia hídrica en dos etapas fenológicas de 10 genotipos de trigo, donde encuentran que los efectos causados por la deficiencia hídrica fueron más evidente cuando, ésta se aplicó en la etapa vegetativa, reduciendo el número de granos por espiga, siendo los genotipos más afectados, FAG-3 y FAG-7 que redujeron en 34.48 y 33.52% el número de granos. Por otro lado, los valores promedio obtenido en los ciclos de siembra en condiciones de deficiencia hídrica, tuvieron diferencias estadísticas. En el segundo ciclo de siembra se halló el mayor número de granos con 46.44, difiriendo estadísticamente con los valores promedio registrados en el tercer y primer ciclo, que obtuvieron 39.89 y 31.03 granos por espiga. Tabla N° 10, Figura N° 16.

Por otro lado, el déficit hídrico (R0) comparado con la condición de riego (R1), se detectó que la mayor reducción en el número de granos ocurrió en el

Tabla N° 10. Número de granos por espiga. Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	DÉFICIT HÍDRICO	RIEGO	R0/R1 X 100
	Promedios (C1+C2+C3/3)	Promedios (C1+C2+C3/3)	
FAG – 1-UNPRGLAM	39.33 A B C D E F G H I	43.77 B C D E F	89.86
FAG – 2-UNPRGLAM	34.11 H I J	44.83 A B C D	76.09
FAG – 3-UNPRGLAM	37.12 C D E F G H I J	42.15 B C D E F G	88.07
FAG – 4-UNPRGLAM	42.95 A B C	50.24 A	85.49
FAG – 7-UNPRGLAM	44.04 A B	42.09 B C D E F G	104.63
FAG – 8-UNPRGLAM	37.12 C D E F G H I J	43.2 B C D E F G	85.93
FAG – 10-UNPRGLAM	39.78 A B C D E F G H	43.68 B C D E F G	91.07
FAG – 11-UNPRGLAM	41.57 A B C D E	46.71 A B C	89.00
FAG – 12-UNPRGLAM	36.14 E F G H I J	38.38 E F G	94.16
FAG – 13-UNPRGLAM	37.38 C D E F G H I J	41.91 B C D E F G	89.19
FAG – 14-UNPRGLAM	42.44 A B C D	42.7 B C D E F G	99.39
FAG – 15-UNPRGLAM	38.33 B C D E F G H I	46.97 A B	81.61
FAG – 17-UNPRGLAM	43.97 A B	44.37 B C D	99.10
FAG – 20-UNPRGLAM	37.11 C D E F G H I J	42.62 B C D E F G	87.07
FAG – 21-UNPRGLAM	38.74 B C D E F G H I	41.41 B C D E F G	93.55
FAG – 22-UNPRGLAM	36.17 E F G H I J	40.89 C D E F G	88.46
FAG – 23-UNPRGLAM	36.41 D E F G H I J	41.06 B C D E F G	88.68
FAG – 25-UNPRGLAM	41.29 A B C D E F	46.77 A B C	88.28
FAG – 27-UNPRGLAM	41.17 A B C D E F	45.17 A B C D	91.14
FAG – 31-UNPRGLAM	39.12 B C D E F G H I	43.25 B C D E F G	90.45
FAG – 32-UNPRGLAM	38.65 B C D E F G H I	42.99 B C D E F G	89.90
FAG – 35-UNPRGLAM	40.94 A B C D E F	43.29 B C D E F G	94.57
FAG – 36-UNPRGLAM	41.01 A B C D E F	41.65 B C D E F G	98.46
FAG – 39-UNPRGLAM	37.34 C D E F G H I J	37.43 G	99.76
FAG – 43-UNPRGLAM	33.45 I J	40.03 D E F G	83.56
FAG – 46-UNPRGLAM	38.94 B C D E F G H I J	42.10 B C D E F G	92.49
FAG – 47-UNPRGLAM	35.36 F G H I J	44.68 A B C D	79.14
FAG – 48-UNPRGLAM	45.06 A	46.86 B C D	96.16
FAG – 50-UNPRGLAM	41.76 A B C D E	45.13 A B C D	92.53
FAG – 51-UNPRGLAM	34.81 G H I J	44.01 B C D E	79.10
FAG – 52-UNPRGLAM	36.31 E F G H I J	46.40 A B C	78.25
FAG – 53-UNPRGLAM	40.55 A B C D E F G	43.16 B C D E F G	93.95
FAG – 55-UNPRGLAM	42.99 A B C	45.75 A B C D	93.97
FAG – 57-UNPRGLAM	34.72 G H I J	44.26 B C D E	78.45
FAG – 58-UNPRGLAM	38.28 B C D E F G H I	43.89 B C D E F	87.22
ANDINO	31.79 J	38.02 F G	83.61
DLS	6.029	5.91	
COMPARACIÓN DE CICLOS DE SIEMBRA			
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO	RIEGO	R0/R1 X 100
	Promedios	Promedios	
Ciclo 2	46.44 A	51.51 A	90.15
Ciclo 3	39.89 B	42.42 B	94.03
Ciclo 1	31.03 C	36.22 C	85.67
DLS	5.072	4.97	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

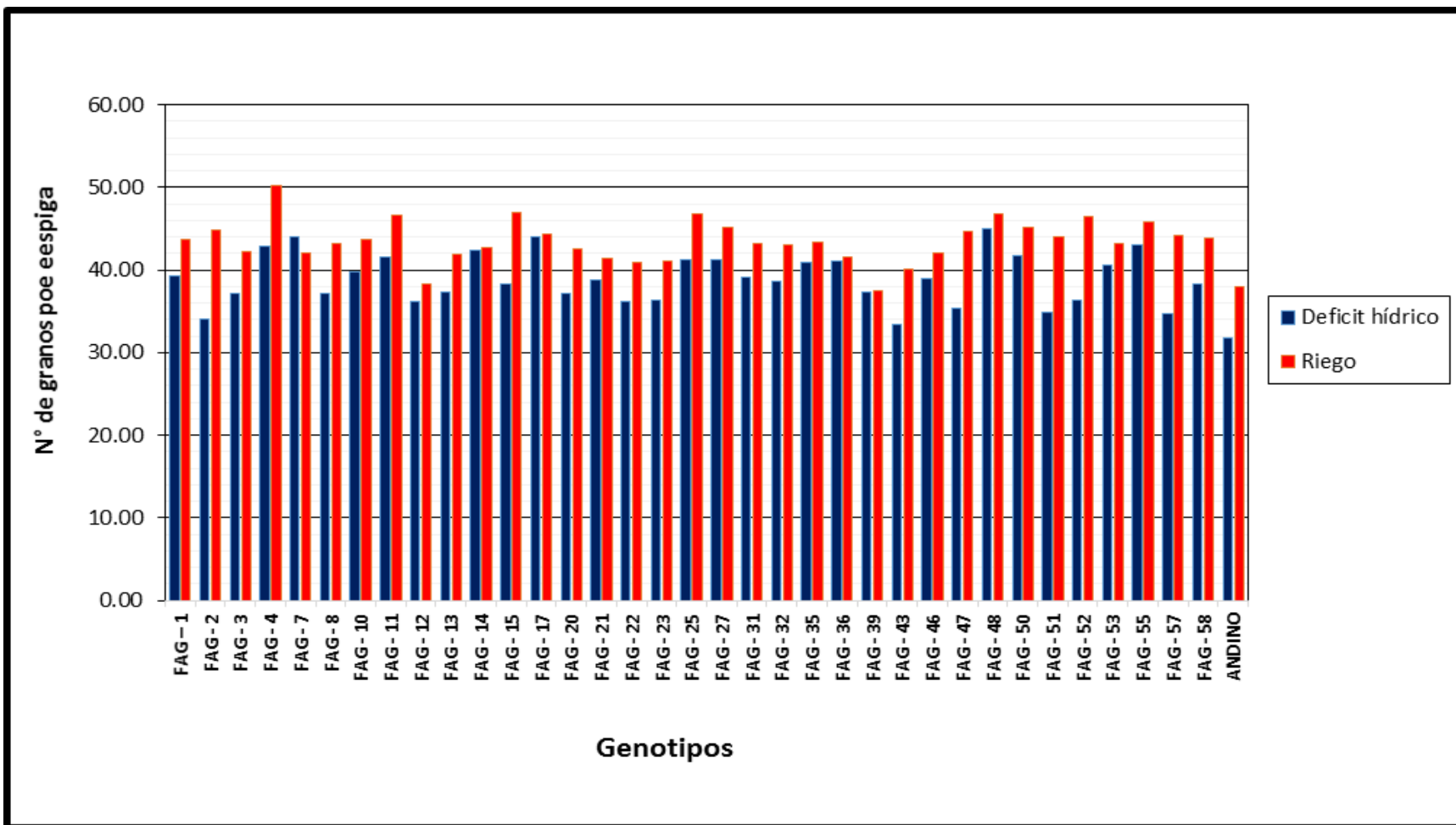


Figura 15. Número de granos por espiga de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque -Perú, 2016 – 2017

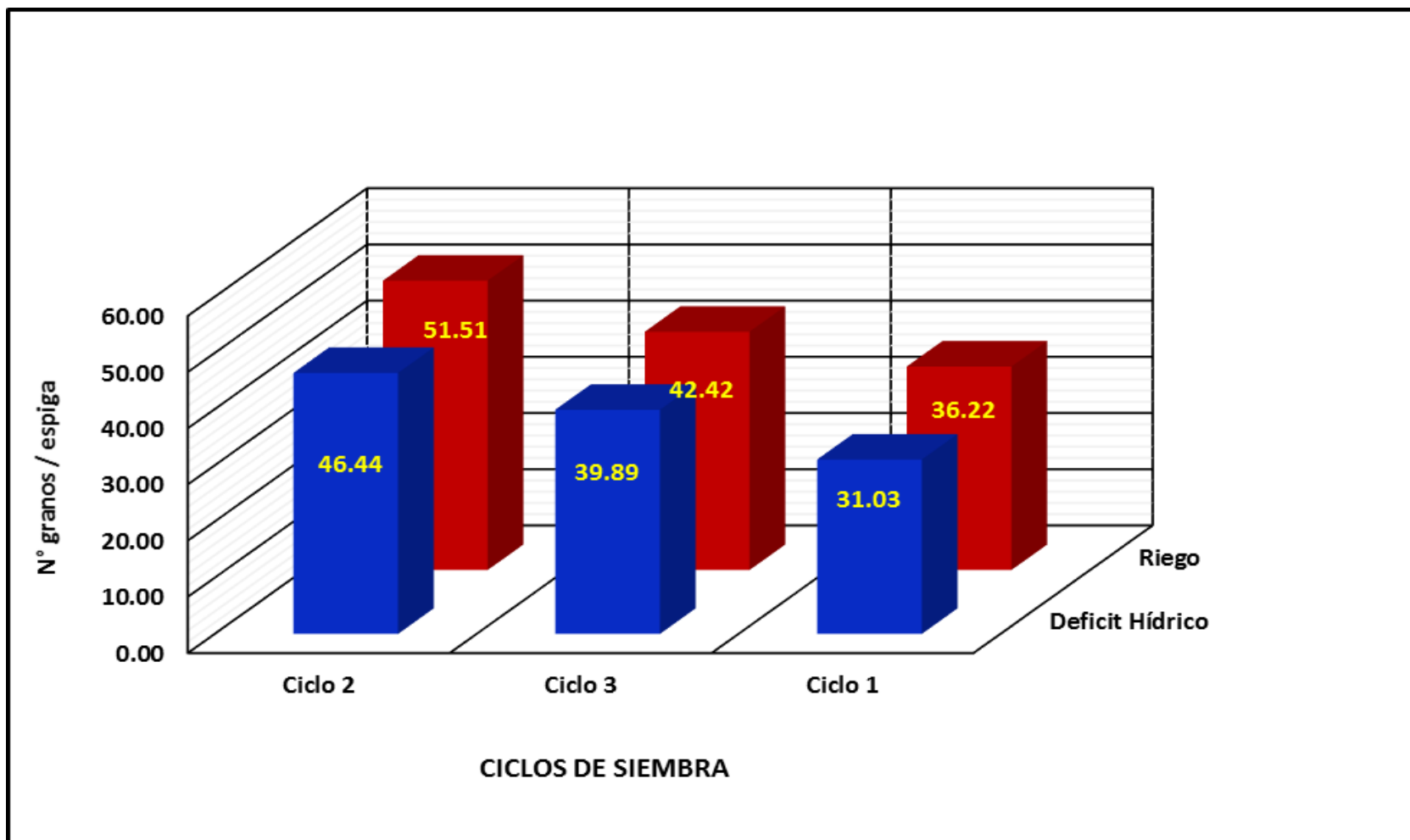


Figura 16. Número de granos por espiga de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

primero ciclo (C1), con un valor equivalente a 14.33% (100% - 85.67%); mientras que en el tercer ciclo la reducción en el número de granos fue mucho menor, equivalente a 5.97% (100% - 94.03%).

3.2.7. Materia seca total

Se detectó diferencias estadísticas entre los valores promedio obtenidos por los genotipos en condiciones de riego (R1) durante los tres ciclos de siembra. El genotipo FAG-4-UNPRGLAM acumuló la mayor cantidad de materia seca con 26088.89 kg/ha, similar estadísticamente con los genotipos FAG-55-UNPRGLAM (24300.00), FAG-13-UNPRGLAM (23127.78), FAG-31-UNPRGLAM (22605.56), FAG-11-UNPRGLAM (22055.56), FAG-10-UNPRGLAM (21416.67), FAG-58-UNPRGLAM (21400.00), FAG-21-UNPRGLAM (21205.56), FAG-57-UNPRGLAM (21061.11), FAG-47-UNPRGLAM (20965.56) y FAG-22-UNPRGLAM (20933.33 kg/ha); superando a los genotipos restantes, en el que se incluye al genotipo testigo ANDINO; siendo los genotipos FAG-39-UNPRGLAM, FAG-14-UNPRGLAM, FAG-53-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM, FAG-48-UNPRGLAM y FAG-36 UNPRGLAM, los que acumularon menor cantidad de materia seca total con 17333.33, 17200.00, 17083.33, 17011.11, 15577.78 y 15522.22 kg/ha. En condiciones de deficiencia hídrica durante los tres ciclos de siembra, los genotipos difirieron estadísticamente, siendo el genotipo FAG-20-UNPRG la que acumuló mayor cantidad de materia seca con 15966.67 kg/ha, mostrándose similar estadísticamente con un grupo de 26 genotipos incluyéndose dentro de estos al genotipo testigo ANDINO, y superior a los restantes. Los genotipos FAG-12-UNPRGLAM, FAG-36 UNPRGLAM, FAG-35-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, acumularon menor cantidad de materia seca, con 11411.11, 10983.33, 10822.22 y 9916.67 kg/ha. Tabla N° 11, Figura N° 17.

La deficiencia hídrica afectó la acumulación de materia seca, traduciéndose en una reducción en todos los genotipos, siendo los más afectados FAG-35-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM FAG-4-UNPRGLAM, FAG-21-UNPRGLAMB y FAG-2-UNPRGLAM, que redujeron

la formación de materia seca en 47.89% (100% - 52.11%), 45.18% (100% - 54.82%), 44.61% (100% - 55.39%), 43.65% (100% - 56.35), 42.99% (100% - 57.01%) y 41.62% (100% - 58.38%), respectivamente. El genotipo FAG-48-UNPRGLAM, formó similar cantidad de materia seca en ambos ambientes de humedad, con 15577.00 kg/ha.

Los valores promedio de materia seca registrados en condiciones de déficit hídrico por cada ciclo difirieron estadísticamente, acumulándose mayor cantidad de materia seca en el Ciclo 2, con 15416.67 kg/ha, mostrando similitud estadística con la formación de materia seca en el Ciclo 3, pero superior a la cantidad acumulada en el Ciclo 1, que concentró 10026.85 kg/ha.

La disminución de materia seca por efecto de la deficiencia hídrica, se produjo en mayor cantidad en los ciclos 1 y 2, reduciéndose en 37.63% (100% - 62.37%) y 33.63 (100% - 66.37%), mientras que en el tercer ciclo la reducción fue menor, con un equivalente a 29.53% (100% - 70.47%). Tabla N° 11, Figura N° 18. Estos resultados evidencian que los genotipos en su conjunto incrementaron la producción de materia seca en condiciones de déficit hídrico conforme iban sufriendo el proceso de aclimatación, de tal manera de ir reduciendo la diferencia con la acumulación de materia seca producida en condiciones controladas o de riego (R1).

3.2.8. Rendimiento de grano

La prueba de comparación múltiple de Duncan detectó diferencias estadísticas entre los valores promedio obtenidos por los genotipos en condiciones de riego (R1); los genotipos FAG-4-UNPRGLAM, FAG-23-UNPRG y FAG-21-UNPRG, expresaron los mayores rendimientos de grano con 8185.19, 8155.56 y 8140.74 kg/ha, mostrándose similar estadísticamente a un conjunto de 28 genotipos, cuyos valores fluctuaron entre 7916.59 y 6622.22, correspondiendo estos valores a los genotipos FAG-13-UNPRGLAM y FAG-7-UNPRGLAM.

Tabla 11. Materia seca total (kg/ha). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 x 100
	Promedios C1+C2+C3/3	Promedios C1+C2+C3/3	
FAG – 1-UNPRGLAM	12000.00 B C D E F G	19561.11 B C D E F	61.35
FAG - 2-UNPRGLAM	11655.56 C D E F G	19966.67 B C D E F	58.38
FAG - 3-UNPRGLAM	14377.78 A B C D E F	18938.89 B C D E F	75.92
FAG - 4-UNPRGLAM	14700.00 A B C D E	26088.89 A	56.35
FAG - 7-UNPRGLAM	14955.56 A B C D	19574.44 B C D E F	76.40
FAG - 8-UNPRGLAM	11888.89 B C D E F G	17655.56 C D E F	67.34
FAG - 10-UNPRGLAM	12911.11 A B C D E F G	21416.67 A B C D E	60.29
FAG - 11-UNPRGLAM	14022.22 A B C D E F	22055.56 A B C D E	63.58
FAG - 12-UNPRGLAM	11411.10 D E F G	18094.44 C D E F	63.06
FAG - 13-UNPRGLAM	14061.11 A B C D E F	23127.78 A B C	60.80
FAG - 14-UNPRGLAM	13272.22 A B C D E F G	17200.00 D E F	77.16
FAG - 15-UNPRGLAM	12794.44 A B C D E F G	19988.89 B C D E F	64.01
FAG - 17-UNPRGLAM	9916.67 G	18088.89 C D E F	54.82
FAG - 20-UNPRGLAM	15966.67 A	20172.22 B C D E F	79.15
FAG - 21-UNPRGLAM	12088.89 B C D E F G	21205.56 A B C D E	57.01
FAG - 22-UNPRGLAM	14922.22 A B C D	20933.33 A B C D E F	71.28
FAG - 23-UNPRGLAM	14655.56 A B C D E	20172.22 B C D E F	72.65
FAG - 25-UNPRGLAM	12722.22 A B C D E F G	17827.78 C D E F	71.36
FAG - 27-UNPRGLAM	11666.67 C D E F G	17011.11 E F	68.58
FAG - 31-UNPRGLAM	12522.22 A B C D E F G	22605.56 A B C D	55.39
FAG - 32-UNPRGLAM	13544.44 A B C D E F G	20422.22 B C D E F	66.32
FAG - 35-UNPRGLAM	10822.22 F G	20766.67 B C D E F	52.11
FAG - 36-UNPRGLAM	10983.33 E F G	15522.22 F	70.76
FAG - 39-UNPRGLAM	12844.44 A B C D E F G	17333.33 D E F	74.10
FAG - 43-UNPRGLAM	12200.00 A B C D E F G	18288.89 C D E F	66.71
FAG - 46-UNPRGLAM	12655.56 A B C D E F G	18761.11 C D E F	67.46
FAG - 47-UNPRGLAM	13244.44 A B C D E F G	20965.56 A B C D E F	63.17
FAG - 48-UNPRGLAM	15477.78 A B C	15577.78 F	99.36
FAG - 50-UNPRGLAM	13866.67 A B C D E F	20433.33 B C D E F	67.86
FAG - 51-UNPRGLAM	12366.67 A B C D E F G	19855.56 B C D E F	62.28
FAG - 52-UNPRGLAM	13866.67 A B C D E F	19822.22 B C D E F	69.96
FAG - 53-UNPRGLAM	13722.22 A B C D E F	17083.33 D E F	80.33
FAG - 55-UNPRGLAM	15677.78 A B	24300.00 A B	64.52
FAG - 57-UNPRGLAM	13377.78 A B C D E F G	21061.11 A B C D E F	63.52
FAG - 58-UNPRGLAM	13850.00 A B C D E F	21400.00 A B C D E	64.72
ANDINO	12988.89 A B C D E F G	17744.44 C D E F	73.20
DLS	3737.65	5436.95	
COMPARACIÓN DE CICLOS DE SIEMBRA			
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	RIEGO (R1)	R0/R1 x 100
	Promedio	Promedio	
Ciclo 2	15416.67 A	23228.70 A	66.37
Ciclo 3	14056.48 A	19947.31 A	70.47
Ciclo 1	10026.85 B	16075.93 B	62.37
DLS	3145.23	4575.19	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

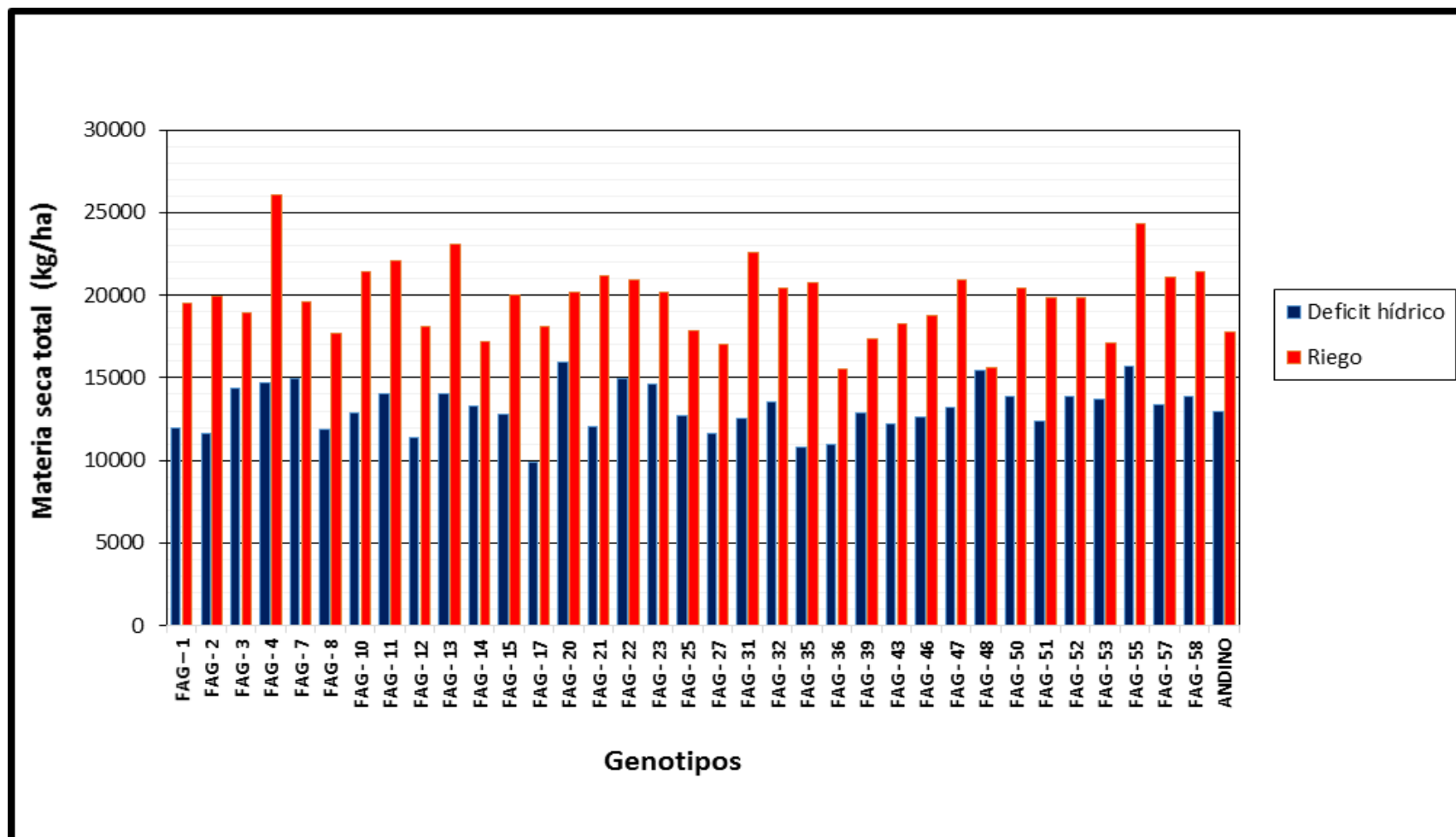


Figura 17. Materia seca total de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

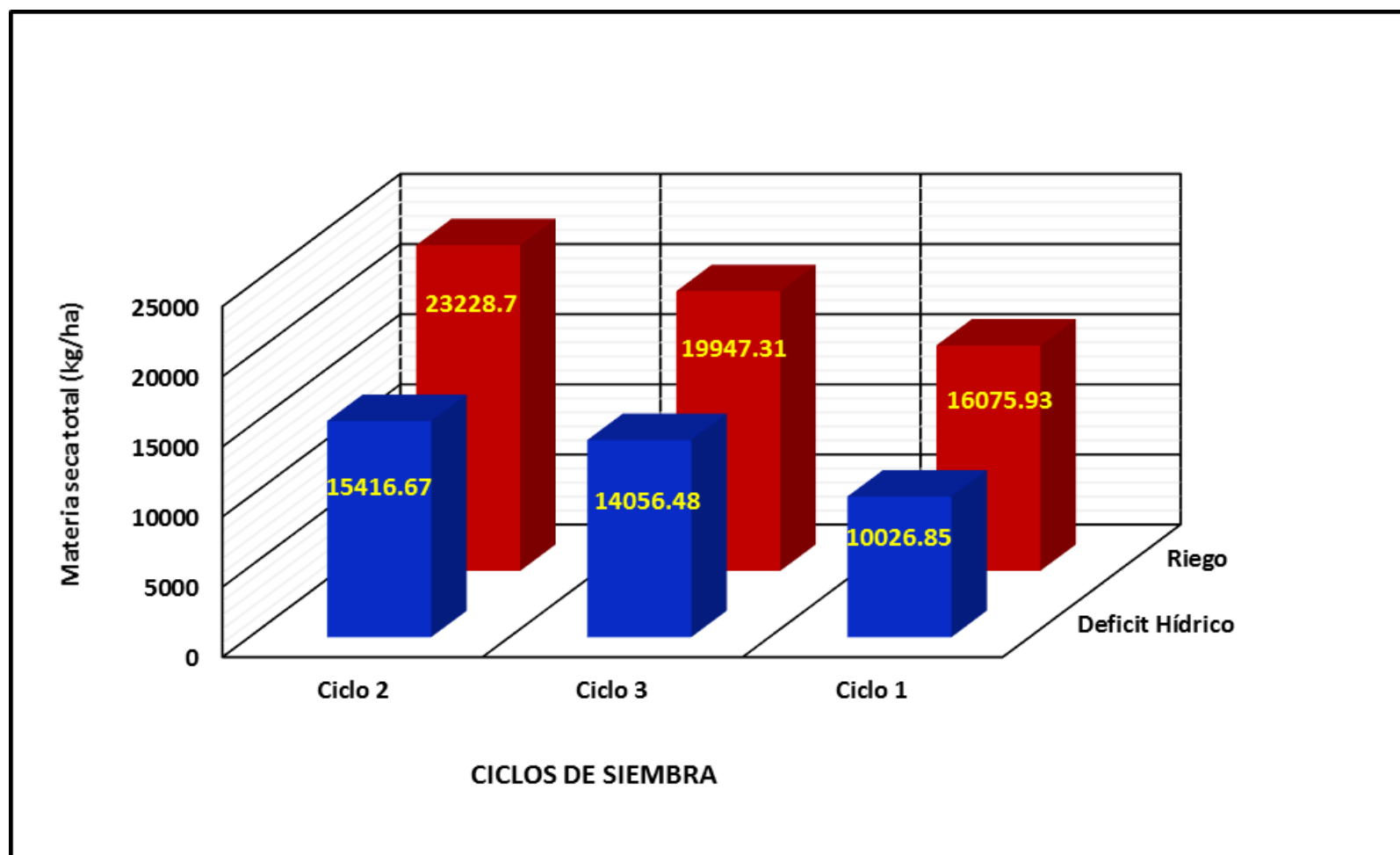


Figura 18. Materia seca total de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

Los genotipos FAG-36 UNPRGLAM, FAG-46-UNPRGLAM, FAG-55-UNPRGLAM, FAG-48-UNPRGLAM y FAG-59-UNPRGLAM obtuvieron los menores rendimientos con 6488.89, 6444.44, 6379.70, 6322.22 y 5925.93 kg/ha.

En condiciones de déficit hídrico (R0), los valores promedio (C1+C2+C3/3) difirieron estadísticamente, donde el genotipo FAG-14-UNPRGLAM, registró el mayor rendimiento con 4992.59 kg/ha, mostrando similitud estadística con un conjunto de 11 genotipos y superior al resto de material genético incluyendo al genotipo testigo ANDINO, oscilando sus valores entre 3800.74 y 2592.59 kg/ha, correspondiendo éstos a los genotipos FAG-1-UNPRGLAM y FAG-17-UNPRGLAM. Tabla N°12, Figura N°19.

La deficiencia hídrica afectó a todos los genotipos sin excepción, traducándose en una reducción del rendimiento de grano; los genotipos más afectados fueron FAG-2-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM FAG-25-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM y FAG-57-UNPRGLAM, que redujeron su rendimiento en 62.17% (100% - 37.83), 61.66 (100% - 38.34%), 61.38% (100% - 38.52%), 58.75% (100% - 41.25%), 58.08% (100% - 41.92%), 57.14% (100% - 42.36%) y 56.89% (100% - 43.11%). Relacionado con lo indicado, queda claro que los ambientes con deficiencia hídrica afectará de una u otra forma el rendimiento potencial de cualquier cultivo. Al respecto, Paquini, *et al* (2016), realizaron un trabajo con el objetivo de evaluar bajo riego normal y restringido el desempeño en rendimiento de grano y sus componentes de 16 variedades de trigo harinero liberadas desde la década de 1940 hasta el 2015; ejecutado en las localidades de Montecillo, Edo. de México y en Celaya, Guanajato, concluyendo que las variables más afectadas por restringir el riego fueron rendimiento de grano, biomasa aérea, y número de granos por m², con una reducción de 20.3, 16.8, y 14.5 %, respectivamente. Asimismo, detectó que la ganancia del rendimiento de grano fue 1.21 % anual (41.77 kg ha⁻¹), que representó un aumento acumulado de 2.8 t ha⁻¹ en 67 años. Bajo riego normal el progreso de 1.10 % fue menor que bajo riego restringido (1.35 %), lo que indica que en el futuro el rendimiento podría mantenerse con

menos consumo de agua y esto permitiría ampliar el área sembrada usando el mismo volumen de agua. Por otro lado, Quiroz y Rojas (2016), trabajando con materiales similares a los que se evaluaron en el presente trabajo, determinaron que los rendimientos de grano se redujeron seriamente cuando la deficiencia hídrica ocurrió en la etapa vegetativa, registrando un rendimiento de grano de 2168.6, y superado por el valor promedio obtenido en el ambiente controlado, equivalente a 4547.00 kg/ha, en términos de porcentaje equivale a una reducción del rendimiento de grano de 52.30%.

En condiciones de déficit hídrico los rendimientos de grano obtenidos por cada ciclo difirieron estadísticamente, siendo en el Ciclo 3 donde se registró el mayor rendimiento con 4907.78 kg/ha, mostrando superioridad sobre los rendimientos obtenidos en el segundo y primer ciclo, equivalentes a 3478.70 y 2361.26 kg/ha. Tabla N° 12, Figura N° 20.

Cuando se comparó los valores promedio registrados en condiciones de riego (R1) con los obtenidos en condiciones de déficit hídrico (R0), se detectó una reducción del rendimiento de grano, siendo mayor el efecto en el primer Ciclo, equivalente a 59.04% (100% - 40.96%), seguido del segundo ciclo con una reducción del 50.18% (100% - 49.82%), y con una menor reducción en el tercer ciclo de siembra, con 44.21% (100% - 55.79%). Estos resultados, evidencian que los materiales genéticos evaluados se van adaptando por un proceso de aclimatación, debido a la aplicación reiterada sobre cada genotipo de la deficiencia hídrica. Este comportamiento de los materiales genéticos, podría estar relacionado con la respuesta diferencial por parte de la planta frente a un solo episodio de estrés o frente a repetidos episodios, conocido esto como memoria. La memoria al estrés se puede definir como la capacidad de los organismos de responder mejor frente a un estrés concreto cuando la planta ya ha estado previamente expuesta a dicho estrés en comparación con las plantas que se enfrentan a él por primera vez (Trewavas 2003, mencionado por Fleta,

Tabla N° 12. Rendimiento de grano (kg/ha). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

GENOTIPO	DÉFICIT HÍDRICO	RIEGO	R0/R1 x 100
	Promedios (C1 + C2 + C3 / 3)	Promedios (C1 + C2 + C3 / 3)	
FAG - 1-UNPRGLAM	3800.74 B C D E F G	7170.37 A B C	53.01
FAG - 2-UNPRGLAM	2677.78 F G	7077.78 A B	37.83
FAG - 3-UNPRGLAM	4214.81 A B C	7842.67 A B	53.74
FAG - 4-UNPRGLAM	4129.63 A B C	8185.19 A	50.45
FAG - 7-UNPRGLAM	3537.04 B C D E F G	6622.22 A B	53.41
FAG - 8-UNPRGLAM	3666.67 B C D E F G	6877.78 A B C	53.31
FAG - 10-UNPRGLAM	3251.85 B C D E F G	7185.18 A B C	45.26
FAG - 11-UNPRGLAM	4225.93 A B C	6885.19 A B C	61.38
FAG - 12-UNPRGLAM	3168.44 C D E F G	7392.59 A B C	42.86
FAG - 13-UNPRGLAM	4122.22 A B C	7916.59 A B	52.07
FAG - 14-UNPRGLAM	4992.59 A	7877.78 A B	63.38
FAG - 15-UNPRGLAM	3792.59 B C D E F G	7214.81 A B C	52.57
FAG - 17-UNPRGLAM	2592.59 G	6762.96 A B C	38.34
FAG - 20-UNPRGLAM	4092.59 A B C D	6996.30 A B C	58.50
FAG - 21-UNPRGLAM	3600.00 B C D E F G	8140.74 A	44.22
FAG - 22-UNPRGLAM	3451.85 B C D E F G	7362.96 A B C	46.88
FAG - 23-UNPRGLAM	3911.11 A B C D E	8155.56 A	47.96
FAG - 25-UNPRGLAM	3144.45 C D E F G	7622.22 A B	41.25
FAG - 27-UNPRGLAM	2703.70 E F G	7000.00 A B C	38.62
FAG - 31-UNPRGLAM	3244.44 B C D E F G	7525.93 A B C	43.11
FAG - 32-UNPRGLAM	3829.63 A B C D E F	6792.59 A B C	56.38
FAG - 35-UNPRGLAM	3570.37 B C D E F G	7200.00 A B C	49.59
FAG - 36-UNPRGLAM	3448.15 B C D E F G	6488.89 B C	53.14
FAG - 39-UNPRGLAM	4148.15 A B C	7392.59 A B C	56.11
FAG - 43-UNPRGLAM	3307.41 B C D E F G	7340.74 A B C	45.06
FAG - 46-UNPRGLAM	3137.04 C D E F G	6444.44 B C	48.68
FAG - 47-UNPRGLAM	4148.15 A B C	7188.89 A B C	57.70
FAG - 48-UNPRGLAM	4448.15 A B	6322.22 B C	70.36
FAG - 50-UNPRGLAM	3885.19 A B C D E F	7170.37 A B C	54.18
FAG - 51-UNPRGLAM	3129.63 C D E F	7544.44 A B	41.48
FAG - 52-UNPRGLAM	3503.70 B C D E F G	7262.96 A B C	48.24
FAG - 53-UNPRGLAM	3037.04 C D E F G	6900.00 A B C	44.02
FAG - 55-UNPRGLAM	3377.78 B C D E F G	7492.59 A B C	45.08
FAG - 57-UNPRGLAM	2874.07 D E F G	6855.56 A B C	41.92
FAG - 58-UNPRGLAM	3348.15 B C D E F G	6379.70 B C	52.48
ANDINO	3459.26 B C D E F G	5925.93 C	58.37
DLS	1207.54	1580.62	
COMPARACIÓN DE CICLOS DE SIEMBRA			
CICLOS	DÉFICIT HÍDRICO	RIEGO	R0/R1 x 100
	Promedio	Promedio	
Ciclo 3	4907.78 A	8796.91 A	55.79
Ciclo 2	3478.70 B	6982.26 B	49.82
Ciclo 1	2361.26 C	5763.89 B	40.96
DLS	1016.14	1330.09	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

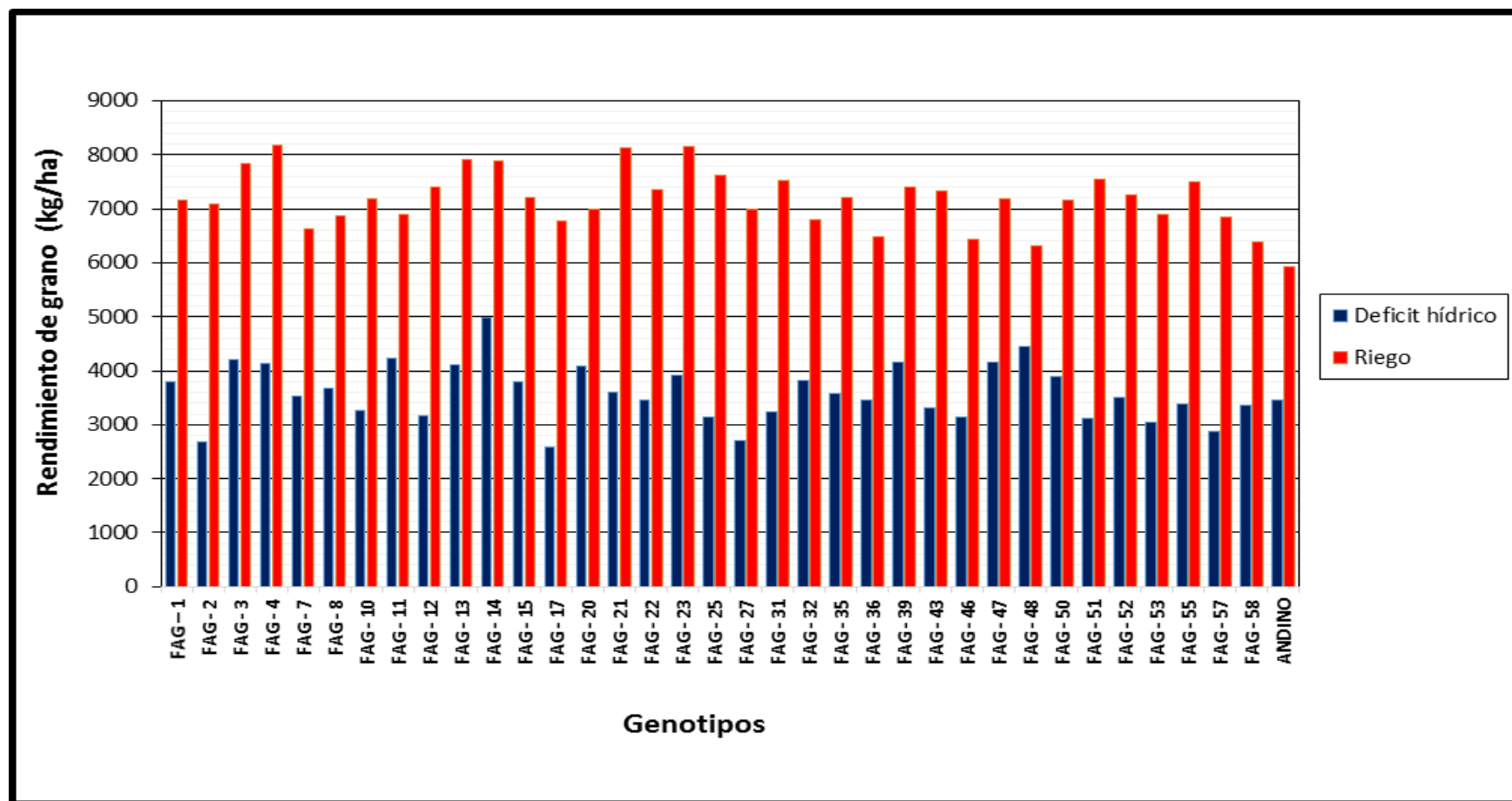


Figura 19. Rendimiento de grano de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en condiciones de riego y déficit hídrico durante tres ciclos de siembra. Fundo "La Peña", Región Lambayeque -Perú, 2016 - 2017

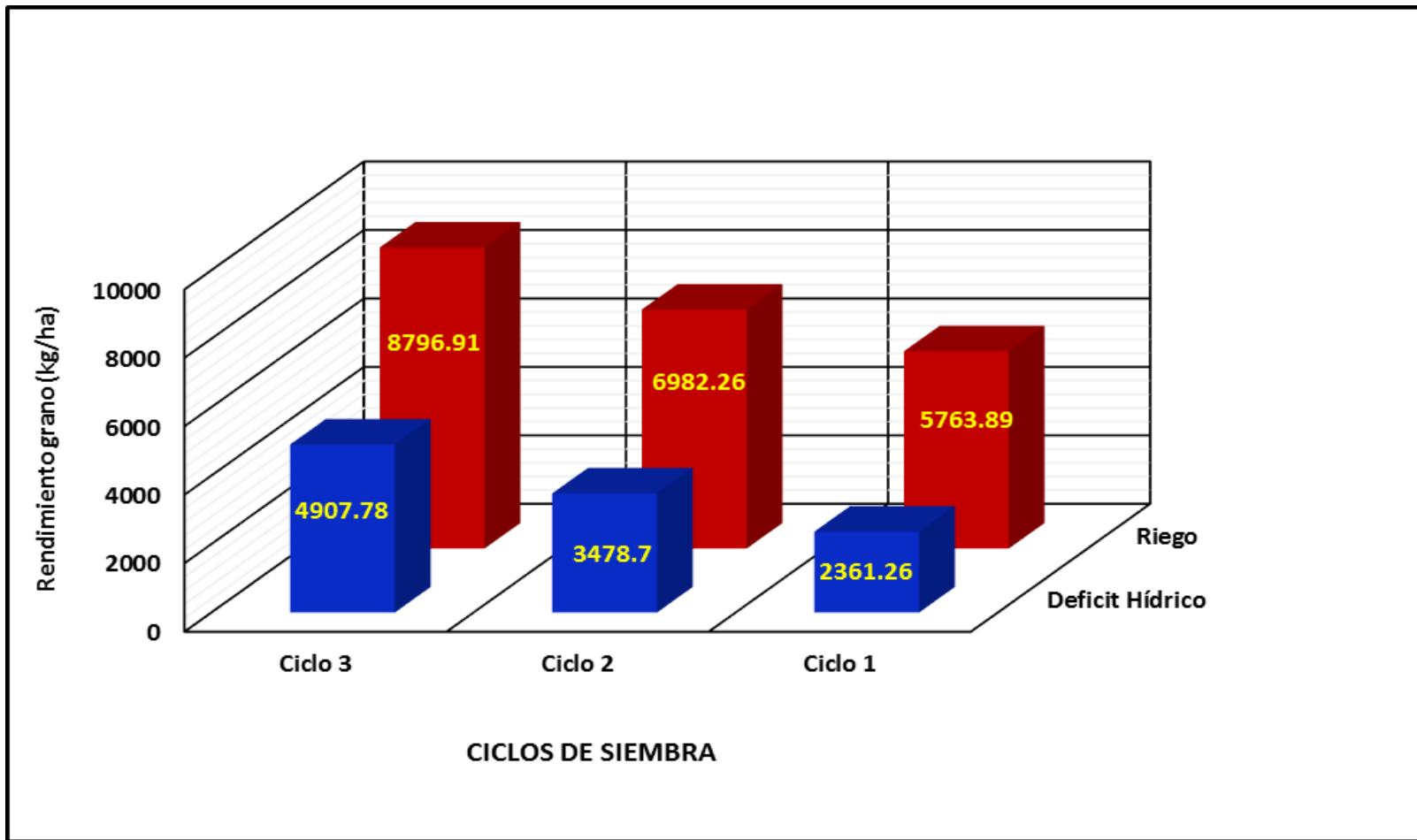


Figura 20. Rendimiento de grano de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), en dos ambientes de humedad durante tres ciclos de siembra, Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

2017). En otras palabras, es la habilidad de acceder a la experiencia pasada y de incorporar la información relevante del pasado en las nuevas respuestas

En la Tabla N° 13, se observa el comportamiento de los genotipos en cada ciclo de siembra, notándose que éstos en su totalidad sufrieron reducción de su producción de grano por efecto de la deficiencia hídrica. Asimismo, se nota que los rendimientos de grano de los genotipos fueron mejorando tanto en el ambiente de riego como en el de deficiencia hídrica, conforme se fueron dando los ciclos de siembra. Una explicación probable, puede ser las condiciones climáticas que se dieron en cada ciclo, pudiendo haber sido favorable en el segundo y tercer ciclo de siembra; o probablemente, los genotipos sufrieron y respondieron a un proceso de aclimatación que les permitió adaptarse, lo que implica que sus etapas reproductivas fueron muy eficientes. La Figura N° 21, señala un comportamiento variable de los genotipos en estudio en cada ciclo de siembra y en cada ambiente de humedad; esta variabilidad genética es de suma importancia, porque nos da la oportunidad de poder seleccionar material genético sobresaliente. Esto nos daría la oportunidad de seleccionar material genético en condiciones de deficiencia hídrica.

3.3. COMPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE HUMEDAD RIEGO – DÉFICIT HÍDRICO.

La Tabla N° 14, presenta los valores promedio obtenidos en cada ambiente de humedad para cada característica evaluada, así mismo la diferencia $R1 - R0$, y el porcentaje del efecto causado por la deficiencia hídrica comparada con la condición controlada o riego. Al consolidar los valores promedios obtenidos por cada ciclo $(C1+C2+C3 / 3)$, se observa que la característica más sensible a la deficiencia hídrica fue el rendimiento de grano que sufrió una reducción del 50.11% (100% - 49.89%), equivalente a 3598.44 kg/ha; seguido por la producción de materia seca que se redujo en 33.34 % (100% - 66.66%). Otras características que se afectaron reduciendo severamente su expresión fueron el número de macollos y número de espigas. En tanto

Tabla N° 13. Rendimiento de grano durante tres ciclos de siembra en condiciones de deficiencia hídrica de 36 genotipos de trigo. Fundo “La Peña”, Región Lambayeque - Perú, 2016-2017.

Genotipos	Rdto.de grano primer ciclo de siembra			Rdto. de grano segundo ciclo de siembra			Rdto. de grano tercer ciclo de siembra		
	RIEGO (R1)	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	R0/R1 x 100	RIEGO (R1)	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	R0/R1 x 100	RIEGO (R1)	DÉFICIT HÍDRICO (R0)	R0/R1 x 100
	Promedios	Promedios		Promedios	Promedios		Promedios	Promedios	
FAG – 1-UNPRGLAM	4577.78 A B C	2466.67 A B C D E	53.88	6933.33 A B C D E F	4900.00 A	70.67	10000.00 A	4035.56 D E F G	40.36
FAG - 2-UNPRGLAM	5633.33 A B C	2566.67 A B C D E	45.56	6755.56 A B C D E F	2066.67 F	30.59	8844.44 A B C	3400.00 E F G	38.44
FAG - 3-UNPRGLAM	7588.89 A B	1544.44 D E	20.35	6383.55 A B C D E F	4344.44 A B C D	68.06	9555.55 A B C	6755.55 A B C	70.70
FAG - 4-UNPRGLAM	6711.11 A B C	3500.00 A	52.15	8277.78 A	3288.89 A B C D E F	39.73	9566.67 A B C	5600.00 A B C D E F	58.54
FAG - 7-UNPRGLAM	6044.44 A B C	3333.33 A B	55.15	5888.89 E F	3300.00 A B C D E F	56.04	7933.33 A B C	3977.78 D E F G	50.14
FAG - 8-UNPRGLAM	4622.22 A B C	2644.45 A B C D E	57.21	7300.00 A B C D E F	3155.56 A B C D E F	43.23	8711.11 A B C	5200.00 A B C D E F G	59.69
FAG - 10-UNPRGLAM	5977.78 A B C	1922.22 B C D E	32.16	5933.33 D E F	3611.11 A B C D E F	60.86	9644.44 A B C	4222.22 A B C D E F G	43.78
FAG - 11-UNPRGLAM	4433.33 A B C	3311.11 A B	74.69	7122.22 A B C D E F	3433.33 A B C D E F	48.21	9100.00 A B C	5933.33 A B C D E	65.20
FAG - 12-UNPRGLAM	5188.89 A B C	1194.22 E	23.01	8188.89 A B	3622.22 A B C D E F	44.23	8800.00 A B C	4688.89 A B C D E F G	53.28
FAG - 13-UNPRGLAM	6566.66 A B C	2511.11 A B C D E	38.24	7183.11 A B C D E F	3633.33 A B C D E F	50.58	10000.00 A	6222.22 A B C D	62.22
FAG - 14-UNPRGLAM	6455.56 A B C	3188.89 A B C	49.40	8066.67 A B C D	4988.89 A	61.85	9111.11 A B C	6800.00 A B C	74.63
FAG - 15-UNPRGLAM	5688.89 A B C	2533.33 A B C D E	44.53	6755.55 A B C D E F	4200.00 A B C D E	62.17	9200.00 A B C	4644.44 A B C D E F G	50.48
FAG - 17-UNPRGLAM	6577.78 A B C	2100.00 A B C D E	31.93	6000.00 C D E F	2611.11 D E F	43.52	7711.11 A B C	3066.66 F G	39.77
FAG - 20-UNPRGLAM	4611.11 A B C	2266.67 A B C D E	49.16	7344.45 A B C D E F	3922.22 A B C D E F	53.40	9033.33 A B C	6088.89 A B C D E	67.40
FAG - 21-UNPRGLAM	6833.33 A B C	1833.33 B C D E	26.83	7811.11 A B C D E F	4855.55 A	62.16	9777.78 A B	4111.11 C D E F G	42.05
FAG - 22-UNPRGLAM	7277.78 A B C	2044.45 A B C D E	28.09	7588.89 A B C D E F	3955.55 A B C D E F	52.12	7222.22 C	4355.56 A B C D E F G	60.31
FAG - 23-UNPRGLAM	7688.89 A	2466.67 A B C D E	32.08	8088.89 A B C	3666.67 A B C D E F	45.33	8688.89 A B C	5600.00 A B C D E F	64.45
FAG - 25-UNPRGLAM	6822.22 A B C	2611.11 A B C D E	38.27	7200.00 A B C D E F	2200.00 F	30.56	8844.44 A B C	4622.22 A B C D E F G	52.26
FAG - 27-UNPRGLAM	5800.00 A B C	1477.78 E	25.48	6866.67 A B C D E F	2744.45 C D E F	39.97	8333.33 A B C	3888.89 D E F G	46.67
FAG - 31-UNPRGLAM	5877.78 A B C	1222.22 E	20.79	7811.11 A B C D E F	4555.56 A B C	58.32	8888.89 A B C	3955.56 D E F G	44.50
FAG - 32-UNPRGLAM	5277.78 A B C	3233.33 A B	61.26	6255.56 A B C D E F	2900.00 B C D E F	46.36	8844.44 A B C	5355.55 A B C D E F G	60.55
FAG - 35-UNPRGLAM	4055.55 B C	1844.45 B C D E	45.48	8188.89 A B	3644.44 A B C D E F	44.50	9355.56 A B C	5222.22 A B C D E F G	55.82
FAG - 36-UNPRGLAM	4044.45 B C	2811.11 A B C D	69.51	6888.89 A B C D E F	2466.66 D E F	35.81	8533.33 A B C	5066.67 A B C D E F G	59.38
FAG - 39-UNPRGLAM	5600.00 A B C	2788.89 A B C D	49.80	7711.11 A B C D E F	4677.78 A B	60.66	8866.67 A B C	4977.78 A B C D E F G	56.14
FAG - 43-UNPRGLAM	6055.56 A B C	1911.11 B C D E	31.56	7566.67 A B C D E F	2900.00 B C D E F	38.33	8400.00 A B C	5111.11 A B C D E F G	60.85
FAG - 46-UNPRGLAM	5588.89 A B C	2411.11 A B C D E	43.14	5677.78 F	2844.44 B C D E F	50.10	8066.67 A B C	4155.56 B C D E F G	51.52
FAG - 47-UNPRGLAM	5711.11 A B C	2677.78 A B C D E	46.89	6833.33 A B C D E F	2922.22 B C D E F	42.76	9022.22 A B C	6844.45 A B	75.86
FAG - 48-UNPRGLAM	4444.44 A B C	1922.22 B C D E	43.25	5822.22 E F	4533.33 A B C	77.86	8700.00 A B C	6888.89 A	79.18
FAG - 50-UNPRGLAM	6633.33 A B C	2155.56 A B C D E	32.50	6455.56 A B C D E F	2722.22 C D E F	42.17	8422.22 A B C	6777.78 A B C	80.47
FAG - 51-UNPRGLAM	5255.56 A B C	2055.56 A B C D E	39.11	7911.11 A B C D E	3177.78 A B C D E F	40.17	9466.67 A B C	4155.56 B C D E F G	43.90
FAG - 52-UNPRGLAM	5377.78 A B C	1677.78 C D E	31.20	8122.22 A B C	4188.89 A B C D E	51.57	8288.89 A B C	4644.44 A B C D E F G	56.03
FAG - 53-UNPRGLAM	6033.33 A B C	2233.33 A B C D E	37.02	5911.11 E F	3255.56 A B C D E F	55.08	8755.55 A B C	3622.22 D E F G	41.37
FAG - 55-UNPRGLAM	7244.44 A B C	3155.55 A B C	43.56	5988.89 C D E F	2577.78 D E F	43.04	9244.44 A B C	4400.00 A B C D E F G	47.60
FAG - 57-UNPRGLAM	5733.33 A B C	2377.78 A B C D E	41.47	6522.22 A B C D E F	3511.11 A B C D E F	53.83	8311.11 A B C	2733.33 G	32.89
FAG - 58-UNPRGLAM	5533.34 A B C	2800.00 A B C D	50.60	6116.89 B C D E F	3488.89 A B C D E F	57.04	7488.89 B C	3755.55 D E F G	50.15
ANDINO	3933.330 C	2211.11 A B C D E	56.21	5888.89 E F	2366.67 E F	40.19	7955.56 A B C	5800.00 A B C D E	72.90
DLS	3503.26	1521.006		2115.13	1899.82		2395.56	2683.39	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

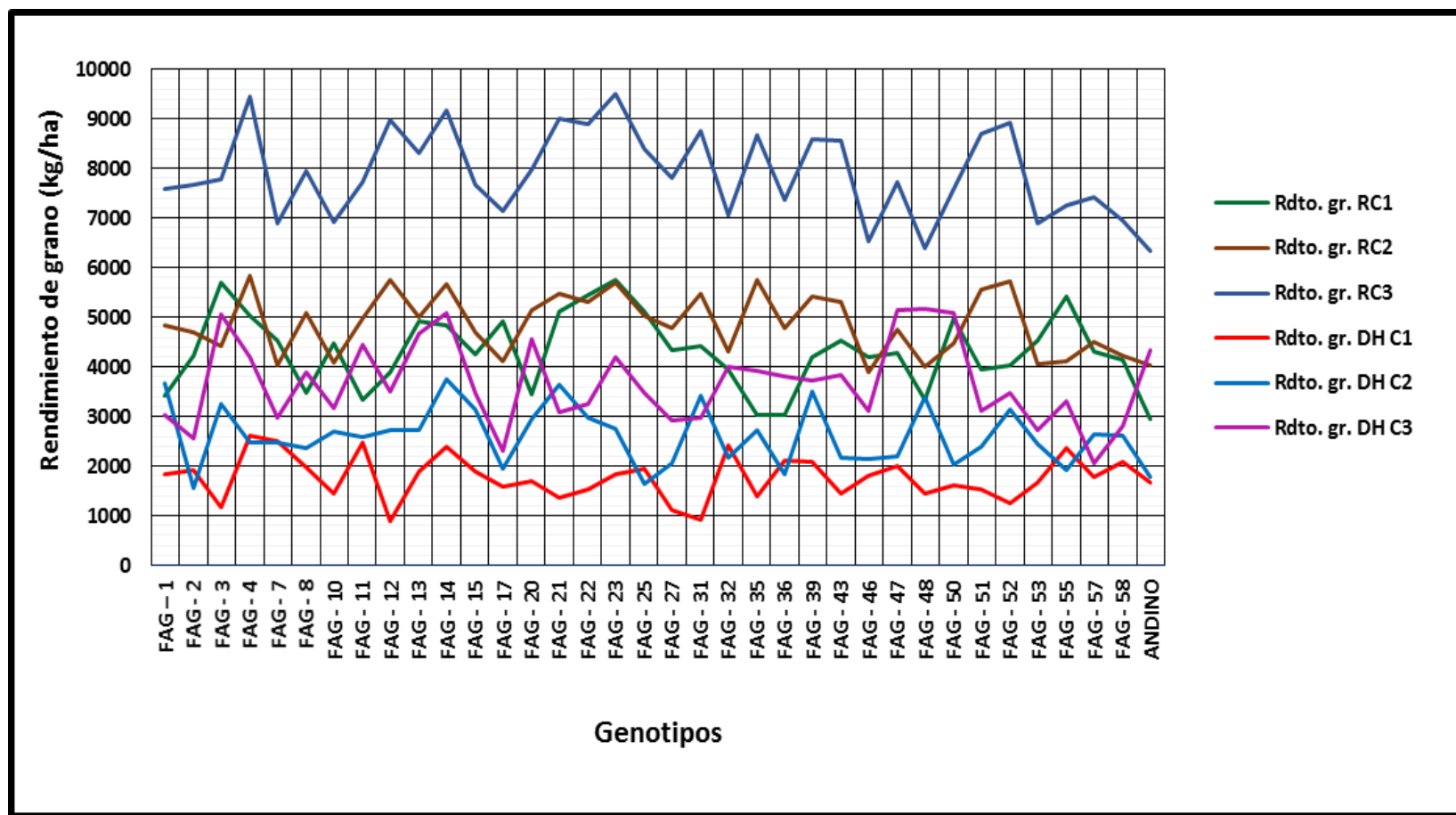


Figura 21. Rendimiento de grano de 36 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L), durante tres ciclos de siembra bajo condiciones de deficiencia hídrica y riego. Fundo "La Peña", Región Lambayeque - Perú, 2016 - 2017

las características como los días a la madurez de cosecha y longitud de espiga fueron las menos afectadas, expresando una ligera reducción.

La Tabla N° 14, señala también, los valores registrados para cada característica evaluada durante cada uno de los tres ciclos, observándose que todas las características fueron afectadas, reduciendo su expresión a causa del déficit hídrico; podemos apreciar que el rendimiento de grano, conforme se fue imponiendo la deficiencia hídrica en forma reiterada a través de los ciclos de siembra C1, C2, C3, se fue incrementando de 2361.26 kg/ha, 3478.70 kg/ha y 4907.78 kg/ha. Así mismo se determinó que los efectos causados por la deficiencia hídrica (R0), comparado con las condiciones controladas (R1) se fue reduciendo a través de los tres ciclos de siembra: primer ciclo = 59.03% (100% - 40.97%), segundo ciclo = 50.18% (100% - 49.82%), tercer ciclo = 44.21% (100% - 55.79%).

3.4. ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD A SEQUÍA (ISS), ÍNDICE DE TOLERANCIA A SEQUÍA (ITS), E ÍNDICE DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO (YSI)

Los índices de tolerancia proporcionan una medida de la sequía basados en la pérdida del rendimiento bajo condiciones de sequía, comparado con las condiciones normales. Por tal motivo, la susceptibilidad a la sequía de una variedad es a menudo, medida de la reducción del rendimiento bajo estrés por sequía. Según los autores, éstos índices de tolerancia son importantes en la evaluación de las respuestas de las variedades en las condiciones de estrés versus no estrés, así como para el conocimiento de la adaptación y estabilidad del rendimiento (Estrada, *et al.*, 2016).

Para este caso, el Índice de Susceptibilidad a Sequía (ISS), para cada genotipo se calculó con la ecuación propuesta por Fischer y Maurer (1978): $ISS = 1 - (Y_{ii}/Y_{ci})/IIS$, donde Y_{ii} = promedio de rendimiento de cada genotipo sin riego a partir de inicio de floración; Y_{ci} = promedio de rendimiento de cada genotipo con aplicación de riego durante el ciclo. El índice de intensidad a la sequía (IIS), se obtuvo mediante la fórmula: $IIS = 1 - (Y_i/Y_c)$, en la que Y_i = promedio de rendimiento sin riego y Y_c =

Tabla 14. Promedios de las características evaluadas de 36 genotipos de trigo, evaluados en condiciones de déficit hídrico (R0) y riego (R1), diferencia R1 – R0 y relación R0 respecto a R1. Fundo “La Peña”, Región Lambayeque, 2016-2017.

CARACTERÍSTICAS	RIEGO (R1) C1+C2+C3/3	DÉFICIT HÍDRICO (R0) C1+C2+C3/3	R1 – R0	R0/R1 x 100
Madurez de cosecha	97.40	90.76	6.64	93.18
Altura de planta (cm)	85.14	68.55	16.59	80.51
Longitud de espiga (cm)	9.53	9.40	0.13	98.64
N° de macollos / m ²	599.57	425.13	174.44	70.91
N° de espigas / m ²	532.59	374.92	157.67	70.40
N° de granos / espiga	43.39	38.78	4.61	89.38
Materia seca total (kg/ha)	19750.65	13166.67	6583.98	66.66
Rendto.de grano (kg/ha)	7181.02	3582.58	3598.44	49.89
CARACTERÍSTICAS	RIEGO (R1)	DÉFICIT HIDRICO (R0)	R1 – R0	R0/R1 x 100
	PRIMER CICLO DE SIEMBRA			
Madurez Fisiológico	96.31	87.99	8.32	91.36
Altura de planta (cm)	82.81	76.70	6.11	92.62
Longitud de espiga (cm)	9.23	8.78	0.45	95.12
N° de macollos / m ²	535.97	392.45	143.52	73.22
N° de espigas / m ²	487.22	329.86	157.36	67.70
N° de granos / espiga	36.22	31.03	5.19	85.67
Materia seca total (kg/ha)	16075.93	10026.85	6049.08	62.37
Rendto.de grano (kg/ha)	5763.89	2361.26	3402.63	40.97
	SEGUNDO CICLO DE SIEMBRA			
Madurez Fisiológica	100.60	92.86	7.74	92.31
Altura de planta (cm)	90.19	70.00	20.19	77.61
Longitud de espiga (cm)	10.45	9.84	0.61	94.16
N° de macollos / m ²	590.32	436.02	154.3	73.86
N° de espigas / m ²	473.70	386.11	87.59	81.51
N° de granos / espiga	51.51	46.44	5.07	90.16
Materia seca total (kg/ha)	23228.70	15416.67	7812.03	66.37
Rendto.de grano (kg/ha)	6982.26	3478.70	3503.56	49.82
	TERCER CICLO DE SIEMBRA			
Madurez Fisiológica	95.31	91.44	3.87	95.94
Altura de planta (cm)	82.42	58.97	23.45	71.54
Longitud de espiga (cm)	9.54	8.95	0.59	93.82
N° de macollos / m ²	672.41	446.94	225.47	66.47
N° de espigas / m ²	636.85	408.80	228.05	64.19
N° de granos / espiga	42.42	38.89	3.53	91.68
Materia seca total (kg/ha)	19947.31	14056.48	5890.83	70.47
Rendto.de grano (kg/ha)	8796.91	4907.78	3889.13	55.79

promedio de rendimiento con aplicación de riego durante el ciclo. En la Tabla N° 15, se observa que los genotipos FAG-2-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-25-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM, FAG-51-UNPRGLAM y FAG-57-UNPRGLAM, registraron valores >1, que indica susceptibilidad de estos genotipos a la deficiencia hídrica, reflejado en una mayor reducción del rendimiento de grano.

Para determinar el Índice de Tolerancia a Sequía (ITS) se aplicó el cálculo establecido por Fernández (2013), como:

$$ITS = Y_p \times Y_s / (Y_p)^2$$

donde:

ITS= Índice de tolerancia a la sequía.

Y_p= Rendimiento potencial de una familia en riego.

Y_s= Rendimiento de una familia en sequía.

(Y_p)²= Cuadrado del promedio de rendimiento de todas las familias en riego.

Al Seleccionar por valores altos de ITS, se escoge indirectamente para mayor tolerancia al estrés y potencial de rendimiento alto. En ITS está incorporado la intensidad del estrés de Fischer y Maurer (1978). Para nuestros resultados, al aplicar la formula en mención se determinó los que genotipos FAG-3-UNPRGLAM, FAG-4-UNPRGLAM, FAG-11-UNPRGLAM, FAG-13-UNPRGLAM, FAG-14-UNPRGLAM, FAG-20-UNPRGLAM, FAG-39-UNPRGLAM, FAG-47-UNPRGLAM y FAG-48-UNPRGLAM presentaron altos valores de Índice de Tolerancia a Sequía, por lo tanto los de mayores rendimientos de grano en condiciones de deficiencia hídrica. Asimismo, éstos materiales presentaron los mayores Índices de Estabilidad del Rendimiento (YSI), implicando ello, un comportamiento con menores reducciones o pérdidas causado por la deficiencia hídrica, comparado con el comportamiento de los genotipos en condiciones controladas. Tabla N° 15

3.5. ANÁLISIS DE CLÚSTER

La Figura N° 22, presenta el Dendrograma que permite realizar el análisis de Clúster, observándose que lo materiales genéticos de trigo se conformaron en siete grupos: un

grupo por diez genotipos, un segundo grupo por seis genotipos, un tercer grupo por cuatro genotipos, un cuarto grupo por cinco materiales, un quinto grupo por un genotipo, un sexto grupo por tres genotipos y un séptimo por siete materiales genéticos. Los materiales genéticos que conforman cada grupo, generalmente tienen valores similares en sus características, de tal manera que podrían ser genética y fenotípicamente parecidos, considerando que el análisis se realiza a partir de un conjunto de características que fueron registradas. Teniendo en cuenta que el análisis de clúster se realizó con los materiales conducidos en condiciones de deficiencia hídrica (R0), se observó que el sexto y séptimo grupo se conformó con los genotipos: FAG-20-UNPRGLAM, FAG-48-UNPRGLAM, FAG-11-UNPRGLAM, FAG-13-UNPRGLAM, FAG-3-UNPRGLAM, FAG-4-UNPRGLAM y FAG-23-UNPRGLAM, que registraron los mayores rendimientos de grano, implicando que expresaron un comportamiento superior al resto de materiales en condiciones de deficiencia hídrica.

3.6. MODELO CONCEPTUAL DE TOLERANCIA A SEQUÍA

Este trabajo se basa en someter material genético de trigo en forma reiterada durante tres ciclos de siembra a condiciones de deficiencia hídrica con el propósito de aclimatarlos y adaptarlos; la deficiencia hídrica aplicada a partir de la fase vegetativa específicamente en pleno macollamiento, permitió que la fase reproductiva se afectara reduciendo los rendimientos de grano en el primer ciclo de siembra en 59.03%, en el segundo ciclo en 50.18%, y en el tercer ciclo 44.21%; pero se observó que estas reducciones se fueron aminorando, así mismo los rendimientos en la mayoría de los materiales genéticos se incrementaron después de cada ciclo de siembra en deficiencia hídrica en 2361.26 kg/ha, 3478.70 kg/ha y 4907.78 kg/ha; a estas reducciones contribuyeron también el efecto causado sobre la expresión de otras característica.

Tabla N° 15. Índice de susceptibilidad a sequia (ISS), índice de estabilidad de rendimiento (YSI) e índice de tolerancia a sequía (ITS). Aclimatación y adaptación a condiciones de deficiencia hídrica de material genético de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque – Perú, 2016-2017.

GENOTIPOS	SEQUÍA (R0)	RIEGO (R1)	YSI	ISS	ITS
	Promedios (C1+C2+C3/3)	Promedios (C1+C2+C3/3)			
FAG – 1-UNPRGLAM	3800.74	7170.37	0.530	0.935	0.528
FAG - 2-UNPRGLAM	2677.78	7077.78	0.378	1.237	0.368
FAG - 3-UNPRGLAM	4214.81	7842.67	0.537	0.921	0.641
FAG - 4-UNPRGLAM	4129.63	8185.19	0.505	0.986	0.655
FAG - 7-UNPRGLAM	3537.04	6622.22	0.534	0.927	0.454
FAG - 8-UNPRGLAM	3666.67	6877.78	0.533	0.929	0.489
FAG - 10-UNPRGLAM	3251.85	7185.18	0.453	1.090	0.453
FAG - 11-UNPRGLAM	4225.93	6885.19	0.614	0.769	0.564
FAG - 12-UNPRGLAM	3168.44	7392.59	0.429	1.137	0.454
FAG - 13-UNPRGLAM	4122.22	7916.59	0.521	0.954	0.633
FAG - 14-UNPRGLAM	4992.59	7877.78	0.634	0.729	0.763
FAG - 15-UNPRGLAM	3792.59	7214.81	0.526	0.944	0.531
FAG - 17-UNPRGLAM	2592.59	6762.96	0.383	1.227	0.340
FAG - 20-UNPRGLAM	4092.59	6996.30	0.585	0.826	0.555
FAG - 21-UNPRGLAM	3600.00	8140.74	0.442	1.110	0.568
FAG - 22-UNPRGLAM	3451.85	7362.96	0.469	1.057	0.493
FAG - 23-UNPRGLAM	3911.11	8155.56	0.480	1.036	0.619
FAG - 25-UNPRGLAM	3144.45	7622.22	0.413	1.169	0.465
FAG - 27-UNPRGLAM	2703.70	7000.00	0.386	1.222	0.367
FAG - 31-UNPRGLAM	3244.44	7525.93	0.431	1.132	0.474
FAG - 32-UNPRGLAM	3829.63	6792.59	0.564	0.868	0.504
FAG - 35-UNPRGLAM	3570.37	7200.00	0.496	1.003	0.499
FAG - 36-UNPRGLAM	3448.15	6488.89	0.531	0.933	0.434
FAG - 39-UNPRGLAM	4148.15	7392.59	0.561	0.874	0.595
FAG - 43-UNPRGLAM	3307.41	7340.74	0.451	1.094	0.471
FAG - 46-UNPRGLAM	3137.04	6444.44	0.487	1.022	0.392
FAG - 47-UNPRGLAM	4148.15	7188.89	0.577	0.842	0.578
FAG - 48-UNPRGLAM	4448.15	6322.22	0.704	0.590	0.545
FAG - 50-UNPRGLAM	3885.19	7170.37	0.542	0.912	0.540
FAG - 51-UNPRGLAM	3129.63	7544.44	0.415	1.165	0.458
FAG - 52-UNPRGLAM	3503.70	7262.96	0.482	1.030	0.493
FAG - 53-UNPRGLAM	3037.04	6900.00	0.440	1.114	0.406
FAG - 55-UNPRGLAM	3377.78	7492.59	0.451	1.093	0.491
FAG - 57-UNPRGLAM	2874.07	6855.56	0.419	1.156	0.382
FAG - 58-UNPRGLAM	3348.15	6379.70	0.525	0.946	0.414
ANDINO	3459.26	5925.93	0.584	0.829	0.398

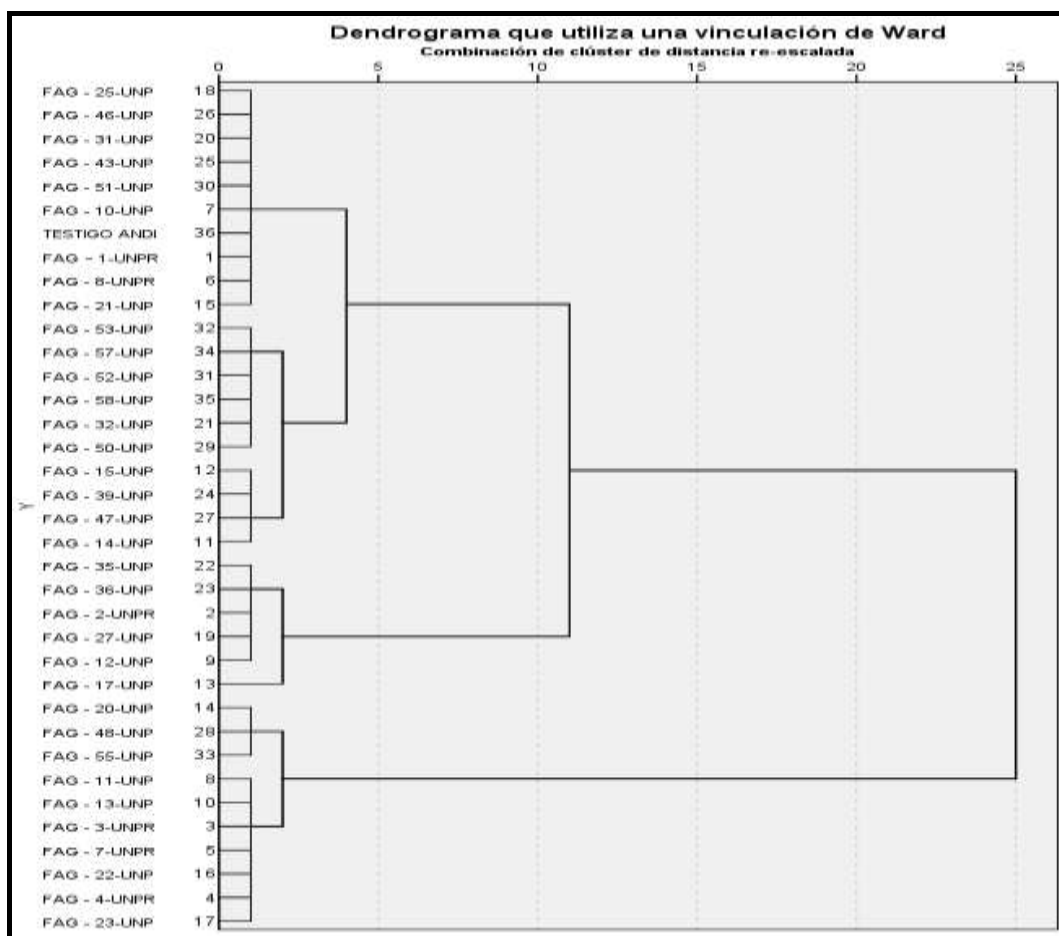


Figura N° 22. Dendrograma del material genético de trigo.

Para estimar el efecto causado por la deficiencia hídrica se comparó el material genético manejado en condiciones controladas con las condiciones de deficiencia hídrica; así mismo se aplica el Índice de Susceptibilidad a la Sequía (ISS) que determina que son más susceptibles los que reducen en mayor proporción el rendimiento de grano, el Índice de Tolerancia a la Sequía (ITS) que determina que los materiales que obtienen mayores rendimientos son más tolerantes; y el Índice de Estabilidad del Rendimiento (YSI), considera que los rendimientos sean similares en condiciones controladas que en deficiencia hídrica.

CAP. IV. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los objetivos planteados y las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo de investigación, se concluye que:

1. Los genotipos FAG-3-UNPRGLAM, FAG - 4-UNPRGLAM, FAG - 11-UNPRGLAM, FAG-13-UNPRGLAM, FAG-14-UNPRGLAM, FAG-20-UNPRGLAM, FAG-39-UNPRGLAM, FAG-39-UNPRGLAM, FAG-47-UNPRGLAM, FAG-48-UNPRGLAM, registraron los mayores rendimientos de grano promedio $((C1+C2+C3)/3)$ en condiciones de deficiencia hídrica con 4214.81, 4129.63, 4225.93, 4122.22, 4992.59, 4092.59, 4148.15, 4148.15 y 44148.15 kg/ha; mientras que los genotipos FAG-2-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM y FAG-57-UNPRGLAM, se mostraron como los de menor capacidad productiva, registrando 2677.78, 2592.59, 2703.70 y 2874.07 kg/ha, respectivamente.
2. La deficiencia hídrica afectó a todos los genotipos, siendo los más afectados : FAG-2-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM FAG-25-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM y FAG-57-UNPRGLAM, que redujeron su rendimiento de grano en 62.17%, 61.66%, 61.38%, 58.75%, 58.08%, 57.14% y 56.89%, comparados con los obtenidos en condiciones de riego.
3. La deficiencia hídrica impuesta en los materiales genéticos en forma reiterada, a través de los ciclos de siembra C1, C2, C3, provocó un incremento gradual del rendimiento de grano, de 2361.26 kg/ha, 3478.70 kg/ha y 4907.78 kg/ha.
4. El efecto causado por la deficiencia hídrica (R0) sobre el rendimiento de grano, comparado con las condiciones de riego (R1), se fue reduciendo a través de los tres ciclos de siembra: C1 = 59.03%, C2 = 50.18%, C3 = 44.21%.
5. La características más sensibles a la deficiencia hídrica fue el rendimiento de grano y la materia seca total que sufrieron reducciones del 50.11% (equivalente a 3598.44 kg/ha) y 33.34 %. Otras características afectadas fueron el número de macollos y número de espigas.
6. Los genotipos FAG-2-UNPRGLAM, FAG-12-UNPRGLAM, FAG-17-UNPRGLAM, FAG-25-UNPRGLAM, FAG-27-UNPRGLAM, FAG-31-UNPRGLAM, FAG-51-

UNPRGLAM y FAG-57-UNPRGLAM, registraron valores mayores de 1 de Índice de Susceptibilidad a la Sequía, siendo por lo tanto los más sensibles a la deficiencia hídrica.

7. Los genotipos FAG-3-UNPRGLAM, FAG-4-UNPRGLAM, FAG-11-UNPRGLAM, FAG-13-UNPRGLAM, FAG-14-UNPRGLAM, FAG-20-UNPRGLAM, FAG-39-UNPRGLAM, FAG-47-UNPRGLAM y FAG-48-UNPRGLAM registraron los mayores valores de Índice de Tolerancia a Sequía (ITS), por lo tanto mayores rendimientos de grano en condiciones de deficiencia hídrica; así mismo presentaron los mayores Índices de Estabilidad del Rendimiento (YSI), implicando menores reducciones en el rendimiento causado por la deficiencia hídrica.

CAP. V. RECOMENDACIONES

1. Concientizar al agricultor lambayecano a través de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Ministerio de Agricultura, Junta de Usuarios Chancay- Lambayeque para efectuar la siembra de material genético de trigo tolerante a deficiencia hídrica, después de la campaña de arroz para aprovechar la humedad remanente de los suelos.
2. Incentivar al agricultor lambayecano a sembrar material genético de trigo, tolerante al estrés por deficiencia hídrica en épocas de escasez de agua, permitiéndole generar una rentabilidad económica.
3. Realizar trabajos de investigación con otras especies cultivadas, para detectar materiales que se adapten a condiciones de déficit hídrico.
4. Considerar estos trabajos de investigación dentro del plan de contingencia, para superar épocas de escasez del recurso hídrico.

CAP. VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÁGUEDA, G. R. (2001). Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada. Tesis Dr. Universidad Complutense de Madrid. España. 332 p.
<https://eprints.ucm.es/5172/1/T25354.pdf>.
2. AVENDAÑO, C.H.; J. D. MOLINA; C. TREJO; C. LÓPEZ, C. y J. CADENA. (2008). Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. *Agronomía Mesoamericana* 19(1): 27-37. 2008 ISSN: 1021-7444. Colegio Postgraduados. México.
http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n01_027.pdf.
3. AYED, S.; M. REZGUI; A. OTHAMANI; M. REZGUI; H. TRAD; J. A. TEIXEIRA - DA SILVA; M. B. YOUNES; H. B. SALAH y M. KHARRAT. (2017). Response of tunisian durum (*triticum turgidum* ssp. *durum*) and bread (*triticum aestivum* L.) wheats to water stress. *Agrociencia*. Vol. 51. N° 1. México.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100013.
4. BARRIOS, E. J.; C. LÓPEZ; J. KOHASHI; J. A. ACOSTA; S. MIRANDA; J. CANUL y N. MAYEK. (2012). Comparación de las estructuras morfológicas en raíz e hipocótilo en frijol. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol. 3. N° 4. Texcoco-México.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342012000400003&script=sci_arttext.
5. BECERRIL, G. A. y C. B. PEÑA. (2006). Alteraciones fisiológicas provocadas por sequía en nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Rev. Fitotec.* Vol. 29. N° 3: 231 – 237. México.
<https://www.redalyc.org/html/610/61029307/>. Revisado el 24 de febrero del 2019.
6. BEDOGNI, M. C.; S. B. CAPEZIO y G. ECHAIDE. (2018). Comportamiento de dos variedades de papa bajo estrés hídrico. *Revista Latinoamericana de la Papa*. Vol. 22. N° 1: 49 – 57. Argentina. <http://papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/290/313>.
7. CARLOS, G. O. (2011). Introducción y adaptación de líneas de triticales (Tritico secale W.) procedentes del CIMMYT-México a condiciones de la E.E.A. El Mantaro. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Agronomía. Jauja-Perú. 65 p.
<http://www.worldbank.org/html/cgiar/newsletter/april97/8tritic.html>.

8. CASTRO, S.; J. ORTIZ; MENDOZA, M. y ZAVALA, F. (2000). Producción de biomasa en líneas de sorgo como respuesta al estrés hídrico. Rev. Mex. Vol. 23. 321-334. México. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/23-2/12a.pdf>.
9. CIFUENTES, M. S. (2014). Efecto del estrés hídrico en el rendimiento y la calidad del trigo candeal (*Triticum turgidum* L. ssp. Durum). Universidad de Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago - Chile. 36p.
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/147860/Cifuentes-%20Efecto%20del%20estr%C3%A9s%20%282014%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. COVARRUBIAS, R. A. A. (2007). Sobrevivir al estrés: cómo responden las plantas a la falta de agua. Biotecnología V14 CS3.indd 253. www.ibt.unam.mx.
11. DE LA CRUZ, G. H.; A. ARRIAGA; M. MANDUJANO y S. GONZÁLEZ. (2010). Efecto de la sequía sobre algunas variables hídricas y morfométricas en cinco genotipos de *amaranthus*. IDESIA. Vol. 28. N°3. 87 – 95. Arica - Chile.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292010000300011&script=sci_arttext.
12. DELL'AMICO, J. M.; R. GUILLAMA y M. C. GONZÁLEZ. (2018). Respuesta de cinco líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas en dos variantes de riego, en condiciones de campo. Revista Cultivos Tropicales. Vol. 39. N° 4. La Habana-Cuba.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000400011.
13. DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO HISPANO-AMERICANO SIGLO XIX. (2014). Adaptaciones de las plantas por aclimatación.
<http://www.escolar.com/EnciclopediaXIX/aclimatacion-plantas-adaptaciones.html>.
14. ENCICLOPEDIA GLOBAL (Wikipedia). (s/f). Aclimatación.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Aclimataciòn>.
15. ESTRADA, D. C.; C.A. ZÚÑIGA; M.J. HERNÁNDEZ; E.A. MARINERO. (2016). Cultivo de Trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), una alternativa para la soberanía nutricional y adaptación ante el cambio climático, en el departamento de Jinotega. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. Vol. 2. N° 1, 2016, pag. 346-362. Nicaragua. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/cultivo-trigo-harinero-triticum-t38984.htm>
16. FERNÁNDEZ, M. A. (2013). Estrés hídrico: sus efectos sobre el rendimiento de grano y la eficiencia de uso del agua de trigo pan (*Triticum aestivum* L.), trigo fideos

- (*Triticum durum* Desf.) y triticales (x Triticosecale, Wittmack). Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam. Vol. 23. Nº 1. Santa Rosa – Argentina.
https://www.researchgate.net/publication/266078387_estres_hidrico_sus_efectos_sobre_el_rendimiento_de_grano_y_la_eficiencia_de_uso_del_agua_de_trigo_pan.
17. FISHER, R. A. y R. MAURER. (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Austr. J. Agric. Res. 29:897-912.
 18. FLETA, S. A. E. (2017). Mecanismos de protección frente al déficit hídrico reiterado en plantas. Programa de Doctorado en Ecología, Ciencias Ambientales y Fisiología Vegetal de la Universidad de Barcelona.
 19. GIANOLI, E. (2014). Plasticidad Fenotípica Adaptativa en Plantas. In. Fisiología Ecológica En Plantas. Mecanismos y Respuestas a Estrés en los Ecosistemas Editor Hernán Marino Cabrera, EUV Valparaíso (Chile) [pp. 13 - 25].... Chile. Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, <http://www2.udec.cl/~egianoli/04gianolifisioeco.pdf>
 20. GIMÉNEZ, L. (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. Agrociencia Uruguay. Vol. 16. Nº 2. Montevideo – Uruguay. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2301-15482012000200011&lng=es&nrm=iso
 21. GÓMEZ, L. (2007). El cultivo de trigo en el Perú y sus requerimientos hídricos. Programa de Cereales y Granos Nativos. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cexposiciones%5CCultivo_de_trigo_y_sus_requerimientos_hibridos.pdf.
 22. GORDÓN, R. y CAMARGO, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. Agron. Mesoam. 26(1):55-63. Costa Rica. 12pp.
 23. GURUMURTHY, S.; B. SARKAR; M. VANAJA; J. LAKSHMI; S. YADAV y M. MANDAPAKA (2019). Cambios morfofisiológicos y bioquímicos en genotipos de grano negro (*Vigna mungo* L. Hepper) bajo estrés por sequía en la etapa de floración. Acta Physiologiae Plantarum.
 24. HERNÁNDEZ, C. J. S. (2013). Importancia del agua en las plantas. Grupo de biotecnología de frutales, CEBAS-CSIC, Murcia.

- <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/04/importancia-del-agua-en-las-plantas-i/>
25. INFORMACIÓN AGROPECUARIA (INFOAGRO). (2013). El cultivo de trigo. Primera Parte. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José – Costa Rica. 3pp. <http://www.infoagro.go.cr/InfoAgro/Paginas/Desplegables.aspx>.
 26. INGENIEROS AGRÓNOMOS PERÚ. (2015). Capacidad de Campo. Obtenido de Ingenieros Agrónomos Perú: <https://www.facebook.com/Ingenierosagronomosperu/photos/capacidad-de-campo-es-la-m%C3%A1xima-cantidad-de-agua-que-un-suelo-puede-retener-luego/454422948042245/>
 27. LLANO, J. S. y L. A. ALCATRAZ. (2012). Análisis de pigmentos, peroxidasa, prolina y proteínas de tres especies de *Paulownia* bajo estrés hídrico. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 3 N° 9. México. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322012000100006&script=sci_arttext.
 28. LÓPEZ, E. E. y GONZÁLES, B. H. (2014). Diseño y Análisis de Experimentos Fundamento y Aplicaciones en Agronomía. Segunda Edición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala. 240pp. Disponible en http://Pausac.usac.edu.gt/EPublica/imagen/2/2b/DDisc%C3%B10_yAn%C3%A1lisis_de_Experimentos_2014.pdf.
 29. LUGO, E. (2014). Efecto del estrés hídrico sobre componentes de la pared celular en pericarpio de maíz (*zea mays* L.). Tesis Magister. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 92p. <http://eprints.uanl.mx/4217/1/1080253678.pdf>.
 30. MANANGÓN, P. R. (2014). Evaluación de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tres tipos de manejo nutricional, a 2890 msnm Juan Montalvo – Cayambe – 2012. Tesis Ing. Agropecuario Universidad Politécnica Salesiano, Sede Quito - Ecuador. 111 pp. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6717/1/UPS-YT00040.pdf>.
 31. MARTÍNEZ, T.; J. J. VARGAS; A. MUÑOZ y J. LÓPEZ. (2002). Respuesta al déficit hídrico en *pinus leiophylla*: consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. Agrociencia. Vol. 36. N° 3. 365- 376. 2002. Montecillo - Estado de México. Consultado en: <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/may-jun/art-10.pdf>.

32. MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAG). (2012). Plan de gestión de riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agrario periodo 2012- 2021. Documento Resumen. Aprobado por R. M. 0265-2012-AG. Lima-Perú. 48pp.
https://www.cambioclimaticoandes.info/evento/pdf/Plangrace_a.pdf.Revisado el 21 de mayo del 2016.
33. MIRALLES, D. J. (2004). Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo. Especialización en cultivos de granos, Facultad de Agronomía universidad de Buenos Aires.
34. MONASTERIO, P. P.; J. TABLANTE; W. MATURET; L. FIGUEREDO; L. VIVAS y T. YEPEZ. (2007). Reducción del rendimiento por estrés hídrico en maíz ciclo 2007, Yaracuy, Venezuela.
<https://www.monografias.com/docs112/reduccion-del-rendimiento-estres-hidrico-maiz-ciclo-2007-yaracuy-venezuela/.shtml>.
35. MORENO, I.; A. RAMÍREZ; R. PLANA; L. IGLESIAS. (2001). El cultivo del trigo. Algunos Resultados de su Producción en Cuba. Cultivos Tropicales, vol. 22, núm. 4, 2001, pp. 55-67. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana – Cuba.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193230162009>.
36. MORENO, L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. Agronomía Colombiana. Vol. 27, N° 2, p. 179-191, 2009. Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316234006>.
37. MUÑIZ, M. N. y D. A. CAPIATI. (2011). Utilización de factores de transcripción como herramienta biotecnológica para incrementar la tolerancia a la sequía en plantas. Química Viva. Número 3, año 10. pp 187. Buenos Aires – Argentina.
<https://www.redalyc.org/html/863/86322531004/>.
38. OLEAS, J. L. (2012). Aclimatación de 16 cultivares de remolacha (beta vulgaris var. Conditiva) en el Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Recursos Naturales. Riobamba – Ecuador. 80 p.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1833/1/13T0734%20.pdf>.
39. PAQUINI, S. L.; I. BENITES; H. E. VILLASEÑOR y H. VAQUERA. (2016). Incremento en el rendimiento y sus componentes bajo riego normal y restringido de

variedades mexicanas de trigo. Revista Fitotecnia Mexicana. VOL. 39. N° 4. Chapingo - México.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000400367.

40. POLÓN, R.; A. MIRANDA; L. A. MARQUERIA y M. A. RAMIREZ. (2013). Efecto de diferentes intensidades de estrés hídrico en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN -1010-2760, RNPS-0111, Vol. 22, No. 4. 60-64. Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, Pinar del Río - Cuba. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n4/rcta10413.pdf>.
41. QUIROZ, C.L. y G. ROJAS. (2016). Deficiencia hídrica en dos etapas fenológicas de 10 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) y sus efectos sobre el rendimiento. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo”, Lambayeque – Perú.
42. REYES, J.; D. MARTÍNEZ; R. RUEDA y T. RODRÍGUEZ. (2014). Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. Revista Iberoamericana de Ciencias ISSN 2334-2501. Vol. 1. N° 02. 191-203. México. Consultado en <http://www.reibci.org/publicados/2014/julio/2200132.pdf>.
43. RODRÍGUEZ, P. (2016). Respuestas y adaptación al estrés de las plantas. <https://www.infobiologia.net/2016/08/respuestas-adaptacion-estres-plantas.html>.
44. SÁNCHEZ, S.; A. MUÑOZ y V. A. GONZÁLEZ. (2006). Evaluación de la resistencia a sequía de variedades de cacahuete (*Arachis hypogaeal.*) de hábito de crecimiento rastrero y erecto. Revista Chapingo Serie Horticultura 12(1): 77-84, 200. <https://www.redalyc.org/html/609/60912112/>.
45. SAN MARTÍN, S. (2015). Respuesta de genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. a estrés por déficit hídrico. Repositorio Institucional. Universidad Oviedo. España. 27 p. <http://hdl.handle.net/10651/32452>.
46. SIAVICHAY, M. G. (2011). Aclimatación de 10 cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), en el Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 103 p. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/690/1/13T0705%20.pdf>.

47. SILVA, H.; J. P. MARTÍNEZ; C. BAGINSKY y M. PINTO. (1999). Efecto del déficit hídrico en la anatomía foliar de seis cultivares de poroto *Phaseolus vulgaris*. Revista Chilena de Historia Natural 72: 219-235. Santiago – Chile.
http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1999/2/Silva_et_al_1999.pdf.
48. SOTO, P. D. y L. DEL CASTILLO. (2013). Las condiciones de sequía y estrategias de gestión en el Perú. *Informe Nacional del Perú*. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua, Centro Peruano de Estudios Sociales:
http://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Peru_2013.pdf
49. UNESCO. (2019). NO DEJAR ATRAS. Obtenido de Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>
50. UNTITLED, (s.f.). Aclimatación y adaptación.
<http://www.ub.edu/HAPPOM/actividades/pdf/flv-compadap.pdf>.
51. VALDÉS, C.; G. ESTRADA; C. G. MARTÍNEZ y A. DOMINGUEZ. (2017). Rendimiento de grano en trigo modificado por cambios en la fuente durante el llenado de grano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(1), 79-90. Toluca – México.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n1/2007-0934-remexca-8-01-79-en.pdf>.
52. VILLAFUERTE, C. F. (s/f). Aclimatación y Adaptación: ¿cuál es la diferencia?. Laboratorio de Transporte Oxígeno. <https://slidplayer/slide/3819329/>.
52. WIKIPEDIA, (s/f). Enciclopedia.

CAP. VII. ANEXO

7.A. ANÁLISIS DE VARIANCIA COMBINADO, CICLOS DE SIEMBRA (C1+C2+C3) – DEFICIENCIA HÍDRICA Y (C1+C2+C3) - RIEGO

7.A.1. Días a la madurez de cosecha – Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3625.08	113	32.08	7.33	<0.0001
Ciclos	1355.60	2	677.80	154.87	<0.0001
Ciclos>Repetición	156.91	6	26.15	5.98	<0.0001
Genotipos	1496.84	35	42.77	9.77	<0.0001
Ciclos*Genotipos	615.73	70	8.80	2.01	0.0001
Error	919.09	210	4.38		
Total	4544.17	323			
C.V. (%)	2.30				

7.A.2. Altura de planta (cm) - Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25436.43	113	225.10	6.40	<0.0001
Ciclos	17310.72	2	8655.36	246.06	<0.0001
Ciclos>Repetición	1594.37	6	265.73	7.55	<0.0001
Genotipos	3107.06	35	88.77	2.52	<0.0001
Ciclos*Genotipos	3424.28	70	48.92	1.39	0.0389
Error	7387.05	210	35.18		
Total	32823.48	323			
C.V. (%)	8.65				

7.A.3. Número de macollos por metro cuadrado – Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2791703.95	113	24705.34	2.31	<0.0001
Ciclos	179514.35	2	89757.18	8.41	0.0003
Ciclos>Repetición	460585.87	6	76764.31	7.19	<0.0001
Genotipos	1087448.53	35	31069.96	2.91	<0.0001
Ciclos*Genotipos	1064155.20	70	15202.22	1.42	0.0293
Error	2241652.80	210	10674.54		
Total	5033356.75	323			
C.V (%)	24.30				

7.A.4. Número de espigas por metro cuadrado – Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3071684.65	113	27183.05	2.50	<0.0001
Ciclos	356739.97	2	178369.98	16.43	<0.0001
Ciclos>Repetición	598861.57	6	99810.26	9.19	<0.0001
Genotipos	1051239.74	35	30035.42	2.77	<0.0001
Ciclos*Genotipos	1064843.36	70	15212.05	1.40	0.0357
Error	2280388.43	210	10858.99		
Total	5352073.07	323			
C.V (%)	27.79				

7.A.5. Longitud de espiga (cm) – Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	372.64	113	3.30	3.62	<0.0001
Ciclos	182.41	2	91.21	100.20	<0.0001
Ciclos>Repetición	4.18	6	0.70	0.77	0.5979
Genotipos	124.14	35	3.55	3.90	<0.0001
Ciclos*Genotipos	61.91	70	0.88	0.97	0.5454
Error	191.15	210	0.91		
Total	563.78	323			
C.V. (%)	10.15				

7.A.6. Número de granos por espiga – Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19741.45	113	174.70	6.43	<0.0001
Ciclos	12831.40	2	6415.70	236.12	<0.0001
Ciclos>Repetición	737.93	6	122.99	4.53	0.0002
Genotipos	3299.83	35	94.28	3.47	<0.0001
Ciclos*Genotipos	2872.29	70	41.03	1.51	0.0136
Error	5706.07	210	27.17		
Total	25447.52	323			
C.V. (%)	13.44				

7.A.7. Materia seca total (t/ha) – Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3814888842.59	113	33760078.25	3.23	<0.0001
Ciclos	1696972407.41	2	848486203.70	81.26	<0.0001
Ciclos>Repetición	560762175.93	6	93460362.65	8.95	<0.0001
Genotipos	636122777.78	35	18174936.51	1.74	0.0095
Ciclos*Genotipos	921031481.48	70	13157592.59	1.26	0.1081
Error	2192811157.41	210	10441957.89		
Total	6007700000.00	323			
C.V. (%)	24.54				

7.A.8. Rendimiento de grano (kg/ha) – Deficiencia hídrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	646121972.97	113	5717893.57	5.25	<0.0001
Ciclos	351924715.93	2	175962357.96	161.45	<0.0001
Ciclos>Repetición	56373180.35	6	9395530.06	8.62	<0.0001
Genotipos	89945547.94	35	2569872.80	2.36	0.0001
Ciclos*Genotipos	147878528.76	70	2112550.41	1.94	0.0002
Error	228879387.81	210	1089901.85		
Total	875001360.79	323			
C.V.	29.14				

7.A.9. Días a la madurez de cosecha - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5350.44	113	47.35	3.88	<0.0001
Ciclos	1710.32	2	855.16	70.11	<0.0001
Ciclos>Repetición	393.07	6	65.51	5.37	<0.0001
Genotipos	2236.92	35	63.91	5.24	<0.0001
Ciclos*Genotipos	1010.12	70	14.43	1.18	0.1831
Error	2561.59	210	12.20		
Total	7912.03	323			
C.V.(%)	3.59				

7.A.10. Altura de planta (cm) - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22162.91	113	196.13	6.46	<0.0001
Ciclos	16372.10	2	8186.05	269.75	<0.0001
Ciclos>Repetición	1458.42	6	243.07	8.01	<0.0001
Genotipos	2420.96	35	69.17	2.28	0.0002
Ciclos*Genotipos	1911.43	70	27.31	0.90	0.6923
Error	6372.71	210	30.35		
Total	28535.63	323			
C.V. (%)	6.73				

7.A.11. Número de macollos por metro cuadrado - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4191295.99	113	37091.11	2.60	<0.0001
Ciclos	1019028.86	2	509514.43	35.76	<0.0001
Ciclos>Repetición	241039.81	6	40173.30	2.82	0.0116
Genotipos	1309233.95	35	37406.68	2.63	<0.0001
Ciclos*Genotipos	1621993.36	70	23171.33	1.63	0.0045
Error	2991843.52	210	14246.87		
Total	7183139.51	323			
C.V (%)	19.91				

7.A.12. Número de espigas por metro cuadrado - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4593198.15	113	40647.77	3.37	<0.0001
Ciclos	1770807.41	2	885403.70	73.49	<0.0001
Ciclos>Repetición	169892.59	6	28315.43	2.35	0.0322
Genotipos	1117716.67	35	31934.76	2.65	<0.0001
Ciclos*Genotipos	1534781.48	70	21925.45	1.82	0.0006
Error	2530074.07	210	12047.97		
Total	7123272.22	323			
C.V. (%)	20.61				

7.A.13. Longitud de espiga (cm) - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	189.48	113	1.68	2.33	<0.0001
Ciclos	20.22	2	10.11	14.07	<0.0001
Ciclos>Repetición	20.92	6	3.49	4.86	0.0001
Genotipos	94.47	35	2.70	3.76	<0.0001
Ciclos*Genotipos	53.87	70	0.77	1.07	0.3494
Error	150.84	210	0.72		
Total	340.32	323			
C.V. (%)	8.89				

7.A.14. Número de granos por espiga - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18677.59	113	165.29	6.33	<0.0001
Ciclos	12786.69	2	6393.34	244.85	<0.0001
Ciclos>Repetición	345.40	6	57.57	2.20	0.0438
Genotipos	2243.17	35	64.09	2.45	<0.0001
Ciclos*Genotipos	3302.32	70	47.18	1.81	0.0007
Error	5483.30	210	26.11		
Total	24160.89	323			
C.V. (%)	11.78				

7.A.15. Materia seca total (t/ha) - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7877259652.78	113	69710262.41	3.16	<0.0001
Ciclos	2769026216.67	2	1384513108.33	62.66	<0.0001
Ciclos>Repetición	250773955.56	6	41795659.26	1.89	0.0836
Genotipos	1656777919.44	35	47336511.98	2.14	0.0005
Ciclos*Genotipos	3200681561.11	70	45724022.30	2.07	<0.0001
Error	4639961711.11	210	22095055.77		
Total	12517221363.89	323			
C.V.(%)	23.80				

7.A.16. Rendimiento de grano (kg/ha) - Riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	816847692.35	113	7228740.64	3.87	<0.0001
Ciclos	503158744.99	2	251579372.49	134.72	<0.0001
Ciclos>Repetición	88471856.47	6	14745309.41	7.90	<0.0001
Genotipos	90892861.23	35	2596938.89	1.39	0.0830
Ciclos*Genotipos	134324229.67	70	1918917.57	1.03	0.4317
Error	392157206.12	210	1867415.27		
Total	1209004898.46	323			
C.V.(%)	19.03				

PRIMER CICLO DE SIEMBRA









SEGUNDO CICLO DE SIEMBRA









TERCER CICLO DE SIEMBRA





