

Reporte de plataformas de investigación ubicadas en el Valle del Mayo

Evaluación de plataformas diseñadas en PIEAES, Navojoa y Huatabampo II, Valle del Mayo, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2023/24

Nele Verhulst, Ana R. García, Abisai Urrea, Humberto Verduzco y Manuel Ruíz



Evaluación de plataformas diseñadas en PIEAES, Navojoa y Huatabampo II, Valle del Mayo, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2023/24

Nele Verhulst, Ana R. García, Abisai Urrea, Humberto Verduzco y Manuel Ruíz

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Carretera México-Veracruz Km. 45, El Batán, Texcoco, México, C.P. 56237

Fecha de reporte: 27 de mayo de 2024

1. Introducción

En el Valle del Mayo observamos la necesidad de implementar plataformas de investigación las cuales serán punto de innovación, capacitación e intercambio de información donde se desarrollarán, validarán e implementarán prácticas sustentables enfocadas a la zona. Las plataformas tendrán como base la agricultura sustentable, así como las necesidades y problemas de los productores locales, con el fin de mejorar sistemas en términos de productividad, rentabilidad y sustentabilidad. Por lo cual se llegó a la conclusión de poner dos sitios de investigación, uno en el municipio de Navojoa y el otro en el municipio de Huatabampo, Sonora. El objetivo en el primer sitio fue evaluar si realizando fertilización con sulfato, se resuelve el problema de calidad de aceite que se ha observado recientemente en cártamo en el sur de Sonora, en conjunto se realizó la evaluación de 3 líneas de cebada provenientes del Bajío Mexicano, con el fin de evaluarlas como opción de menor uso de recursos – especialmente agua y fertilizante nitrogenado – en comparación con trigo para el valle. En el segundo sitio de investigación, el objetivo fue evaluar prácticas agronómicas incluyendo labranza, rotación de cultivos, fertilización y variedades de trigo para hacer la producción en la zona Fuerte Mayo de Huatabampo más sustentable y rentable para los agricultores. Al mismo tiempo, se aprovechó el espacio de la plataforma para hacer una evaluación de diferentes materiales de trigo y conocer su adaptación a las condiciones de la zona.

2. Material y métodos

2.1 Sitio de investigación en Navojoa, Sonora

El experimento se encuentra localizado en el km 9 de la carretera Navojoa-Huatabampo con una altitud de 32 msnm con coordenadas 27.012393, -109.501643, es un suelo tipo vertisol, donde predomina el clima árido-cálido, con temperatura anual promedio de 23°C y una precipitación promedio anual de 360 mm. En este ciclo, se realizó la siembra de cártamo (*Carthamus tinctorius*) variedad Cheyol a una densidad de 10 a 15 kg/ha. La siembra se realizó el día 22 de diciembre de 2023 en camas con labranza convencional, mientras que en camas permanentes la siembra fue hasta el día 02 de enero de 2024. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas constaban de 8 camas de ancho (6.4 m) por 218 m de largo teniendo un área de 1,395 m². La fuente de fertilización utilizada fue según el tratamiento; en el tratamiento 1, se usó 25 kg/ha de nitrógeno (N) como urea + 52 kg/ha de óxido de fósforo (P₂O₅) basal en banda más una segunda fertilización de 120 kg/ha N como urea antes de primer riego de auxilio; en el tratamiento 2, se utilizó 25 kg/ha N + 52 kg/ha P₂O₅ basal en banda como mezcla de sulfato de amonio y 11-52-00 más la segunda fertilización de 120 kg/ha N como sulfato de amonio antes de primer riego de auxilio; por último, en el tratamiento 3, se fertilizó con 25 kg/ha N como urea + 52 kg/ha P₂O₅ basal en banda, pero en la segunda fertilización se le agregó 5 t/ha de yeso agrícola a 120

kg/ha N como urea antes de primer riego de auxilio (cuadro 1). Se realizó un riego de pre siembra y uno de auxilio. La cosecha se llevó a cabo a mediados del mes de junio.

En el área de validación se sembró cebada (*Hordeum vulgare*) de las variedades Josefa, Prunella y Brennus a una densidad de 110 kg/ha. Las parcelas constaron de 4 camas de ancho (3.2 m) por 72 m de largo sembradas a doble hilera. La siembra se realizó los mismos días que la plataforma, tanto en camas convencionales como en camas permanentes. Su diseño fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La fertilización se realizó en pre siembra con 100 kg/ha de fosfato monoamónico. Se hizo un riego de pre siembra con dos de auxilio en área convencional y solo uno de auxilio en permanente, esto debido a la poca disponibilidad de agua que hubo durante el ciclo. La cosecha se hizo el 13 de mayo de 2024.

2.1.1 Mediciones en el sitio de investigación Navojoa, Sonora

Al finalizar la temporada de los cultivos, el área central de las parcelas de cebada fue cosechada (dos camas por quince metros) y se determinó rendimiento de grano y sus componentes del rendimiento, de acuerdo con el protocolo descrito en Verhulst *et al.* (2012). Así como el cártamo, se hizo una cosecha de 3 marcos de 3 metros de largo por dos camas por parcela. Para los análisis de datos se empleó el paquete estadístico SAS. Efectos significativos fueron identificados mediante el análisis de varianza, utilizando PROC GLM. La comparación de medias de los tratamientos se hizo con la prueba de LSD, considerando como significativos las diferencias con $P \leq 0.05$. El grano de ambos cultivos se mandará a laboratorio de calidad para sus análisis correspondientes.

2.2 Sitio de investigación en Huatabampo II, Sonora

El sitio experimental está localizado a 1.5 km al norte del ejido Anáhuac, Huatabampo, Sonora, a una altitud de 63 msnm con coordenadas 26°27'16.9"N y 109°01'13.1"O, es un suelo tipo vertisol, donde predomina el clima árido-cálido, con temperatura anual promedio de 24°C y una precipitación promedio anual de 260 mm. En el ciclo otoño-invierno 2023/24 se sembró trigo (*Triticum aestivum*) el día 15 de enero de 2024, la variedad utilizada fue Borlaug100 a una densidad de 120 kg/ha. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La siembra se hizo a triple hilera por cama de 0.75 m, con 12.5 cm entre hilera. La parcela constaba de 12 camas (9.0 m) de ancho por 37.4 m de largo. La dosis de fertilización utilizada en ciclo otoño-invierno 2023/24 fue según el tratamiento (cuadro 2). Se aplicó un riego de pre siembra y dos de auxilio. La cosecha se realizó el 23 de mayo de 2024.

En el área de validación se sembraron 7 materiales de trigo duro (*Triticum durum*) y 5 de trigo harinero (*Triticum aestivum*, cuadro 3) a una densidad de 120 kg/ha, el día 15 de enero de 2024. La fertilización fue de 87 kg/ha de nitrógeno como urea + 26 kg/ha de pentóxido de fósforo de manera basal en banda; más 203 kg/ha de nitrógeno como urea antes del primer riego de auxilio. Las parcelas constaban de 4 camas de ancho (3.0 m) por 4.5 m de largo = 13.5 m². Se cosechó el día 24 de mayo de 2024.

2.2.1 Mediciones en el sitio de investigación Huatabampo II, Sonora

Durante el ciclo se hicieron dos mediciones del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI), ambas mediciones se realizaron después de la segunda fertilización los días 26 de febrero y 21 de marzo de 2024, los datos fueron colectados utilizando el sensor óptico portátil NDVI (GreenSeeker™, Trimble, USA). Las mediciones se llevaron a cabo pasando el sensor por el centro de la cama a una altura aproximada de 0.8 m sobre la superficie del cultivo. La cobertura de la franja del sensor es aproximadamente 0.6 m de ancho. Al finalizar la temporada de los cultivos, las parcelas fueron cosechadas (dos camas por quince metros) y se determinó rendimiento de grano y sus componentes del rendimiento, de acuerdo con el protocolo descrito en Verhulst *et al.* (2012). Para los análisis de datos se empleó el paquete estadístico SAS. Efectos significativos fueron identificados mediante el análisis de varianza, utilizando PROC GLM. La comparación de medias de los tratamientos se hizo con la prueba de LSD, considerando como significativos las diferencias con $P \leq 0.05$.

Tabla 1. Tratamientos con fuentes de fertilización utilizados en la plataforma Navojoa en ciclo otoño-invierno 2023/24.

Trat.	Abreviación	Rotación	Práctica de labranza	Manejo de rastrojo	Fuente para fertilización
1	TC, LC, D, U	Trigo-Cártamo	Camas con labranza convencional	Dejar	Urea
2	TC, LC, D, SA	Trigo-Cártamo	Camas con labranza convencional	Dejar	Sulfato de amonio
3	TC, LC, D, U+Y	Trigo-Cártamo	Camas con labranza convencional	Dejar	Urea + yeso
4	TC, CP, D, U	Trigo-Cártamo	Camas permanentes	Dejar	Urea
5	TC, CP, D, SA	Trigo-Cártamo	Camas permanentes	Dejar	Sulfato de amonio
6	TC, CP, D, U+Y	Trigo-Cártamo	Camas permanentes	Dejar	Urea + yeso

Tabla 2. Tratamientos de fertilización utilizados en la plataforma Huatabampo II en ciclo otoño-invierno 2023/24.

Trat	Abreviación	Rotación	Práctica de labranza	Manejo de rastrojo	Fertilización N (dosis y modo)	Momento de aplicación
1	TT, CC, Rem, 290N-V	Trigo-trigo	Camas con labranza convencional	Remover	290 N Voleo	70% pre-siembra; 30% 1er riego
2	TT, CC, Rem, 290N-E	Trigo-trigo	Camas con labranza convencional	Remover	290 N Enterrado	30% pre-siembra; 70% 1er riego
3	TT, CC, Rem, 220N-E	Trigo-trigo	Camas con labranza convencional	Remover	220 N Enterrado	30% pre-siembra; 70% 1er riego
4	TT, CP, Dej, 220N-E	Trigo-trigo	Camas permanentes	Dejar	220 N Enterrado	30% pre-siembra; 70% 1er riego
5	RTT, CP, Dej, 290N-E	Rotación-trigo-trigo	Camas permanentes	Dejar	290 N Enterrado	70% siembra; 30% 1er riego
6	TT, CP, Dej, 290N-E	Trigo-trigo	Camas permanentes	Dejar	290 N Enterrado	70% pre-siembra; 30% 1er riego

Tabla 3. Materiales utilizados en el área de validación en Huatabampo II, Sonora en el ciclo 2023/24.

Tratamiento	Abreviación	Variedad	Duro o harinero
1	Cirno (D)	Cirno C2008	D
2	DonLupe (D)	Don Lupe C2020	D
3	Noroeste (D)	Noroeste C2021	D
4	Quetchehueca (D)	Quetchehueca Oro C2013	D
5	Baroyeca (D)	Baroyeca Oro	D
6	Chanate (D)	Chanate C2023	D
7	Sahuaro (D)	Sahuaro Oro C2023	D
8	Borlaug100 (H)	Borlaug 100	H
9	Ciano (H)	CIANO M2018	H
10	Bw4 (H)	Bw4	H
11	Glenn (H)	Glenn	H
12	Onavas (H)	Onavas	H

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados del sitio de investigación en Navojoa, Sonora

3.1.1 Rendimiento de cebada

En la zona del Valle del Mayo es la primera vez que evaluamos la adaptación de variedades de cebada provenientes del Bajío mexicano en la plataforma y lo que pudimos observar fue que tienen buena adaptación, ya que a pesar de la siembra tardía y que solo se les pudo dar dos riegos de auxilio en camas con labranza y uno en camas permanentes debido a la poca disponibilidad del recurso hídrico obtuvimos rendimientos promedios (fig. 1) de 4.5 a 5.1 t/ha en camas convencionales y de 2.9 a 3.1 t/ha en camas permanentes. Siendo las variedades recientes Brennus y Prunella, las de mayor rendimiento que Josefa en ambos sistemas de labranza.

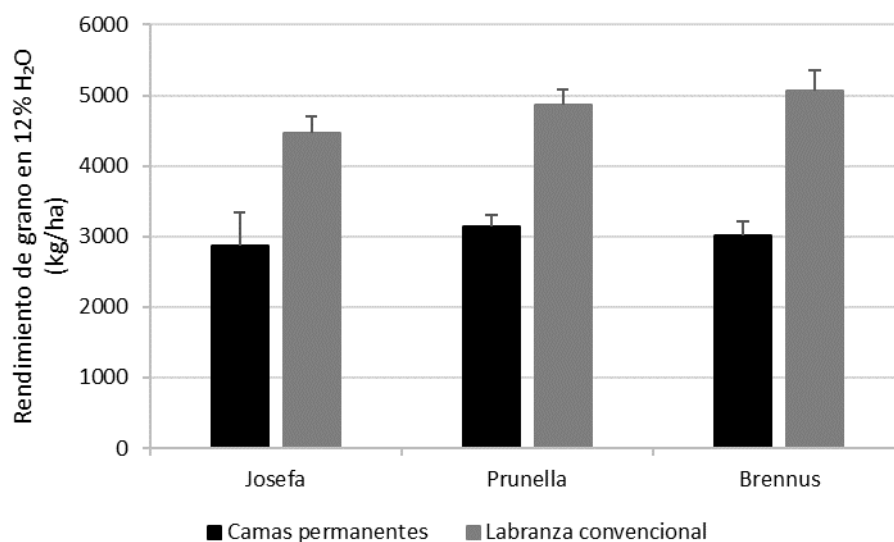


Figura 1. Rendimientos de cebada sembrada en la plataforma de investigación Navojoa, Sonora en el ciclo OI 2023/24.

3.1.2 Rendimiento de cártamo

Los rendimientos de cártamo en general fueron buenos, pese a que solo se le pudo dar un riego de auxilio. Siendo mayores (fig. 2) donde se hizo la siembra en camas con labranza convencional oscilando entre los 2.8 y 3.3 t/ha, seguido de los tratamientos en camas permanentes (promedio de 2.5 t/ha).

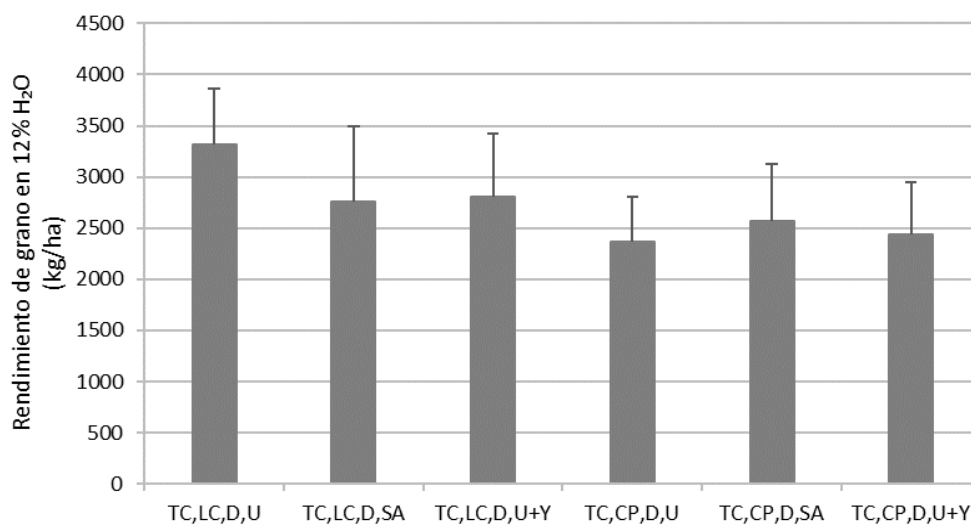


Figura 2. Rendimientos de cártamo sembrado en la plataforma de investigación Navojoa, Sonora en el ciclo OI 2023/24.

Abreviaciones: T=trigo, C=cártamo, LC=labranza convencional, CP=camas permanentes, D=dejar rastrojo, U=urea, SA=sulfato de amonio, Y=yeso agrícola.

3.2 Resultados del sitio de investigación en Huatabampo II, Sonora

En la plataforma Huatabampo II, se tomaron mediciones del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI), en la fig. 2 se muestran los valores de NDVI de las dos mediciones realizadas después de la segunda fertilización, donde los menores valores fueron cuando la fertilización se aplicó al voleo con distribución del 70% en presiembra y 30% en primer riego de auxilio (promedio de 0.590) al igual que con la aplicación de manera enterrada pero con distribución del 70% en siembra y 30% en primer riego de auxilio (promedio de 0.587), sin embargo; el resto de los tratamientos tienden a un ligero incremento de sus valores cuando la fertilización se hace de manera enterrada con distribución de 30% en presiembra y 70% en primer riego de auxilio oscilando en promedio la medición de 0.633 a 0.643. En la fig 3, se muestra la distribución en el terreno de los valores de NDVI obtenidos de la primera medición que se realizó el día 26 de febrero de 2024, donde se puede observar que los valores oscilaron entre los 0.512 y 0.724, presentándose los menores valores en algunas parcelas de la parte central y parte este del terreno y más elevados en la parte central hacia al oeste. En la fig. 4, se muestran los datos de NDVI de la segunda medición realizada el día 21 de marzo del año en curso, donde los mayores valores se concentran en la parte central. Sin embargo, los menores valores se tuvieron más cargados en la parte este del terreno los cuales oscilaron de los 0.520-0.725.

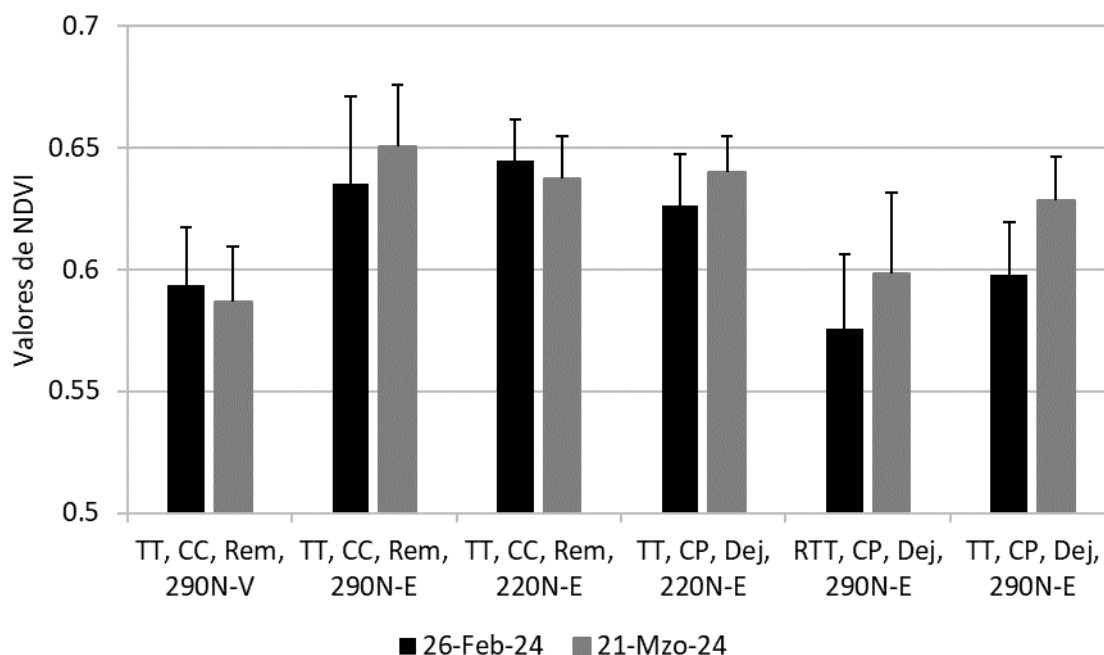


Figura 3. Valores de NDVI obtenidos en las dos mediciones realizadas después de la segunda fertilización en la plataforma Huatabampo II, durante el ciclo OI 2023/24 en el Valle del Mayo. La escala comienza en 0.5 para ver mejor las diferencias.

Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI)

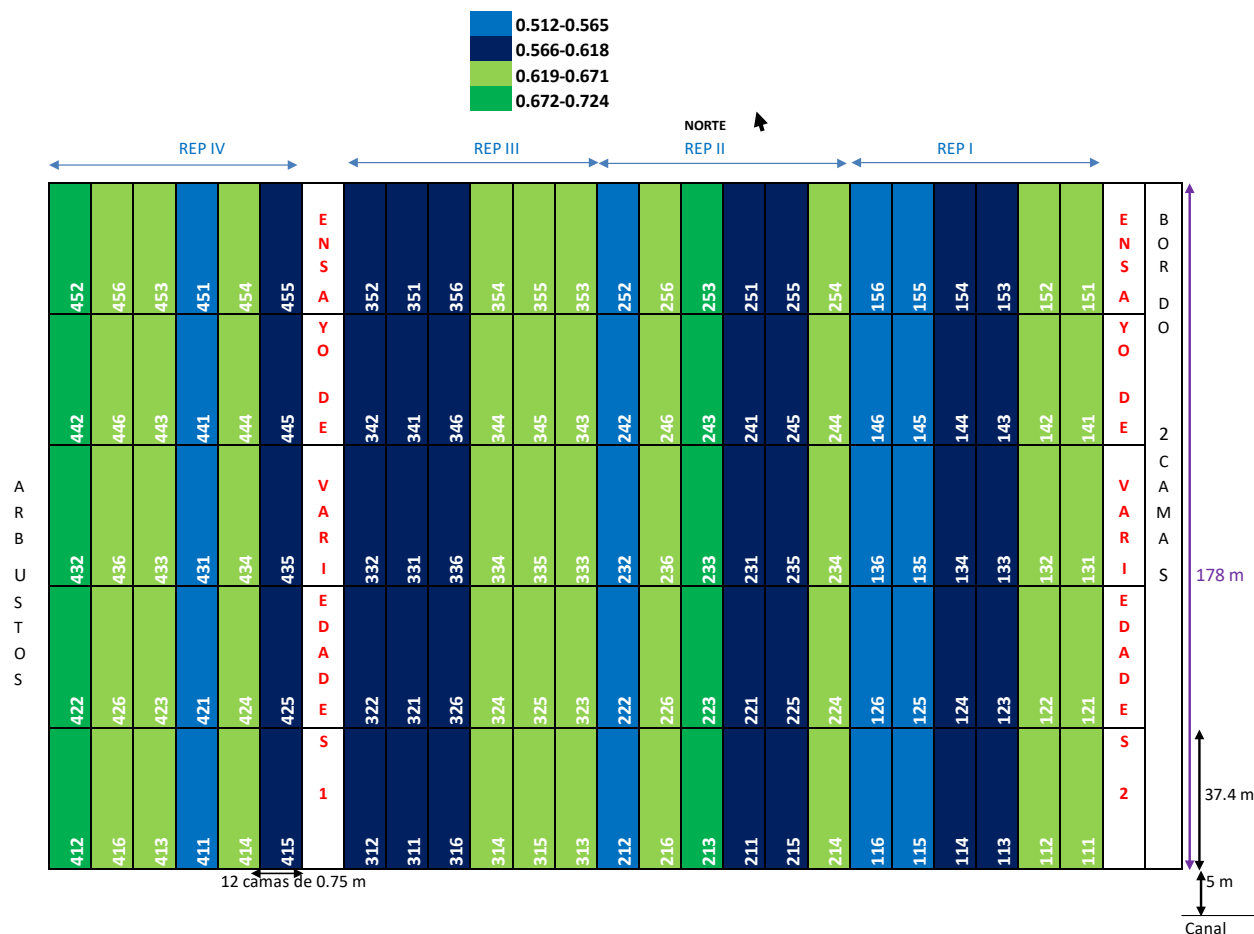


Figura 4. Mapa de la primera medición de NDVI en el terreno ubicado en Huatabampo II, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2023/24. Significado de números en parcelas: Primer número= repetición, Segundo número= subrepetición y Tercer número= tratamiento.

Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI)

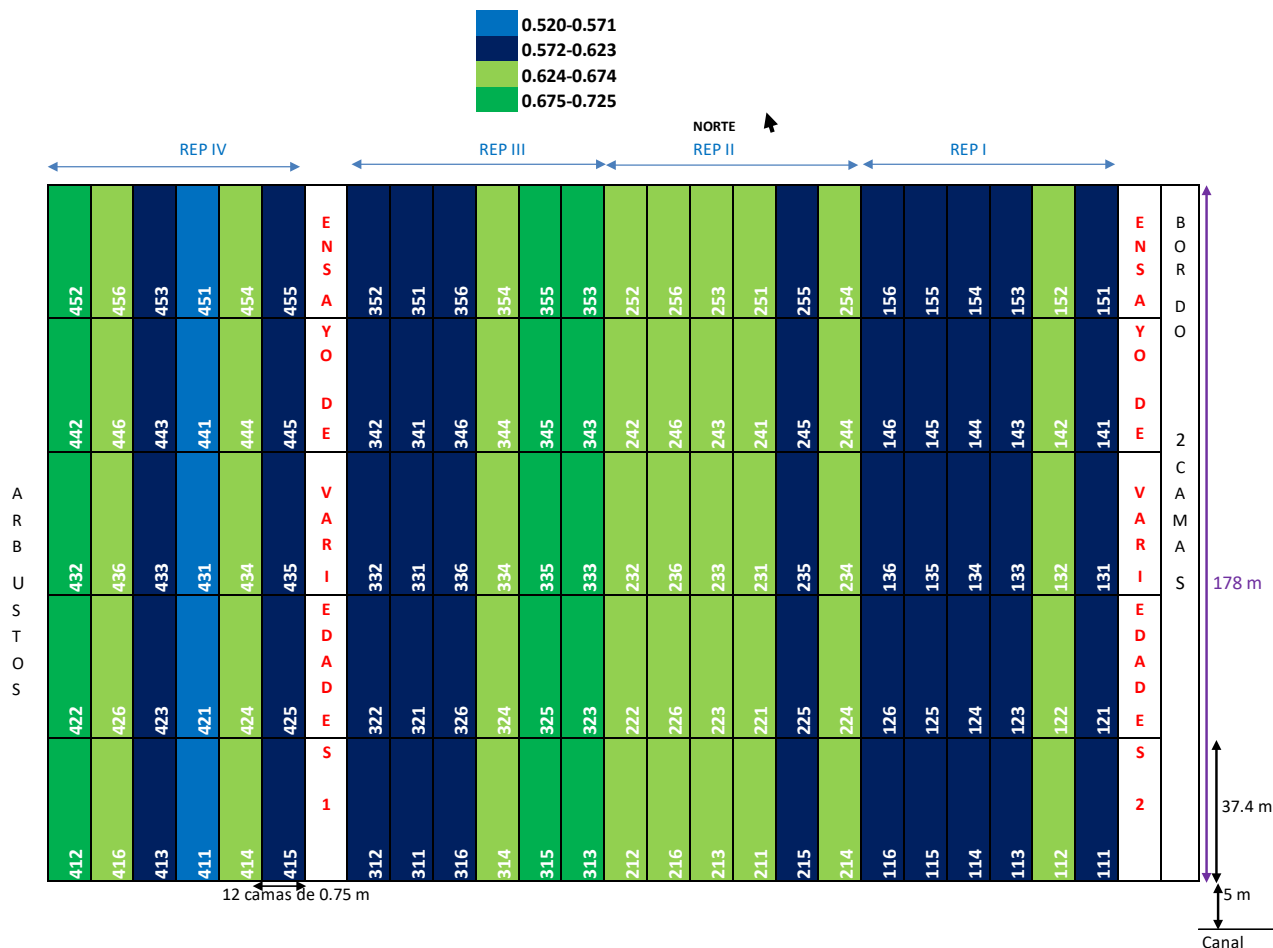


Figura 5. Mapa de la segunda medición de NDVI en el terreno ubicado en Huatabampo II, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2023/24. Significado de números en parcelas: Primer número= repetición, Segundo número= subrepetición y Tercer número= tratamiento.

En la figura 6 observamos los rendimientos del cultivo de trigo obtenidos al finalizar el ciclo otoño-invierno 2023/24, en este ciclo no hubo rotación de cultivo, ya que la siembra al igual que el ciclo anterior fue de trigo en todo el terreno. Sin embargo, la cantidad y forma de fertilizar el terreno, fue de manera diferente. El rendimiento promedio fue de 2.7 t/ha, lo que es bajo para la zona, debido a la siembra tardía, el riego tardío y que solo se pudieron dar dos riegos de auxilio. Siendo mayores los rendimientos donde la fertilización se realizó de manera enterrado en el fondo de los surcos (promedio de 2.8 t/ha) y menor en donde se aplicó al voleo (2.4 t/ha).

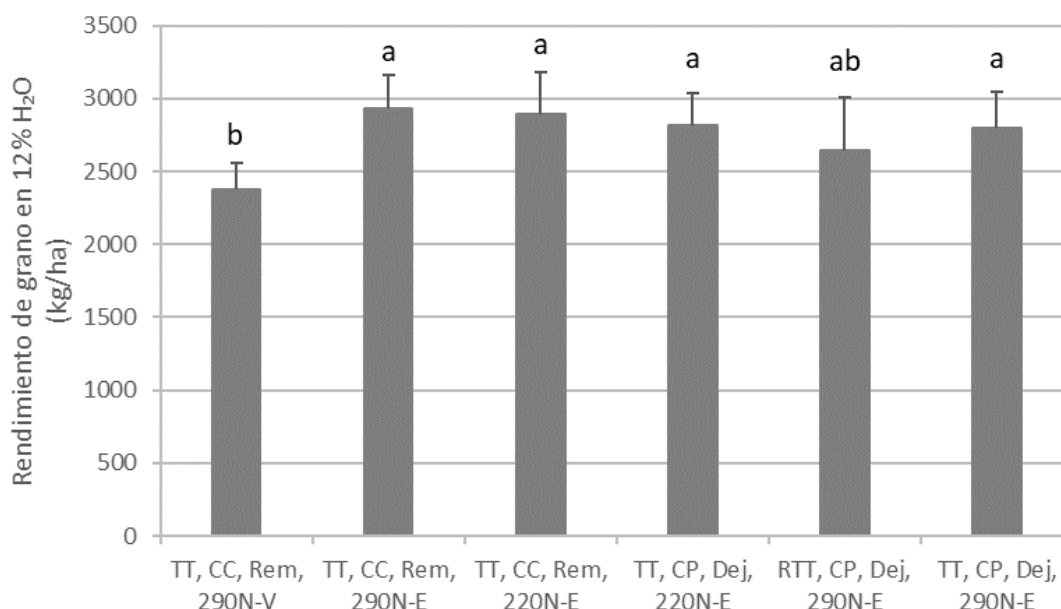


Figura 6. Rendimiento de trigo obtenido en la plataforma Huatabampo II, Sonora en el ciclo otoño-invierno 2023/24.

Validación de variedades de trigo

Los rendimientos de las 12 variedades de trigo evaluadas son presentados en el cuadro 4, las mismas variedades fueron sembradas en diferente ubicación (parte oeste y este del terreno principal). Donde pudimos observar que en la parte este del terreno los rendimientos salieron más elevados que la parte oeste, comportamiento similar se tuvo en las parcelas sembradas en el ciclo anterior debido a que en esta ubicación al oeste del terreno tenemos un suelo más arenoso, el cual tiene menos concentración de nutrientes y menos capacidad de retención de agua. De las variedades de trigo duro, la variedad Sahuaro fue la que tuvo mayor rendimiento en ambas ubicaciones (promedio de 3.2 t/ha). Mientras que, los rendimientos menores fueron obtenidos con las variedades Cirno, Baroyeca y Chanate (promedio de 2.7 t/ha). De las variedades de trigo harinero, la de mayor rendimiento promedio fue Ciano con 3.0 t/ha y menor en la variedad Bw4 con promedio de 2.5 t/ha.

Tabla 4. Datos de rendimiento de las 12 variedades utilizadas en área de validación de Huatabampo II, Sonora en el ciclo otoño-invierno 2023/24. Trigo duro marcado con (D) y trigo harinero con (H).

#	Variedad	Rendimiento (t/ha)	
		Oeste	Este
1	Cirno (D)	2.5	2.9
2	DonLupe (D)	2.7	3.0
3	Noroeste (D)	2.5	3.2
4	Quetchehueca (D)	2.8	3.2
5	Baroyeca (D)	2.4	3.0
6	Chanate (D)	2.4	3.0
7	Sahuaro (D)	2.8	3.5
8	Borlaug100 (H)	2.8	3.1
9	Ciano (H)	2.9	3.1
10	Bw4 (H)	2.3	2.7
11	Glenn (H)	2.6	3.1
12	Onavas (H)	2.7	3.1

4. Conclusiones

En la plataforma de Navojoa, Sonora tuvimos buen establecimiento de cebada con rendimientos de hasta 5.0 t/ha en convencional con dos riegos de auxilio y 3.9 t/ha en camas permanentes con un riego de auxilio, siendo algo aceptable ya que no se pudo dar los riegos que se tenían previstos debido a que no se tuvo agua disponible. En cuanto a cártamo aún no se tienen los resultados de calidad de aceite, estamos en espera de que sea analizado para poder informar.

En plataforma Huatabampo II, en general se tuvo rendimientos de trigo de 2.4 a 2.9 t/ha, donde observamos que el rendimiento sale más elevado al llevar a cabo la fertilización de manera enterrada que solamente tirar al voleo, aun en este nivel bajo de rendimiento donde no esperaríamos mucho efecto con una dosis tan alta de N (290 kg N/ha).

En cuanto a las variedades de trigo evaluadas, tuvimos variación de rendimiento entre los dos tipos de suelo donde fueron sembradas, siendo mayor en promedio el rendimiento de la variedad de trigo duro Sahuaro (3.2 t/ha) y menor en Cirno, Baroyeca y Chanate (promedio de 2.7 t/ha). La variedad de trigo harinero de menor rendimiento fue Bw4 con 2.5 t/ha y la de mayor fue Ciano con 3.0 t/ha.

5. Referencia

Verhulst, N., Sayre, K. y Govaerts B. Manual de determinación de rendimiento. 2012. México, D.F. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.