



## Análisis de varianza en modalidad hídrica para la producción de maíz grano en México: caso de Jalisco, Sinaloa y Nayarit

Analysis of variance in water modality for the production of grain maize in Mexico: case of Jalisco, Sinaloa and Nayarit

Karina Pérez-Robles<sup>1</sup>; Placido Salomón Álvarez-López<sup>2, \*</sup>; Elizabeth Trujillo-Ubaldo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Cátedra CONACYT/Universidad Autónoma de Nayarit; Unidad Académica de Agricultura. México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Guadalajara; Unidad Académica de ciencias Sociales Económico y Administrativas. México.

<sup>3</sup> Cátedra CONACYT/Universidad Autónoma de Nayarit; Unidad Académica de Economía. México.

ORCID de los autores

K. Pérez-Robles: <https://orcid.org/0000-0002-9043-3214>

P. S. Álvarez-López: <https://orcid.org/0000-0001-7707-1083>

E. Trujillo-Ubaldo: <https://orcid.org/0000-0002-8534-7366>

### RESUMEN

El cultivo y producción del maíz grano, constituye una importante oportunidad para impulsar el desarrollo socioeconómico y agrícola de las comunidades de México. De acuerdo con la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 relacionada al maíz grano propuesta por el gobierno Federal a través de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), señaló como región productora con potencial de producción a los estados de Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Agrupados por la estructura territorial productora de maíz grano que predomina en esta región. Misma que aportó 35% de la producción nacional de este grano en el año 2021. Con el objetivo de encontrar diferencias significativas en el rendimiento de maíz en modalidades hídricas (riego y temporal), se aborda el análisis de varianzas para el caso propuesto de los estados que integran la Región Territorial Occidente. Con una temporalidad de 2008 a 2018. De acuerdo con el análisis de varianza de un cohorte de diez años, se concluyó que en la Región Territorio Occidente se observó que el rendimiento medio de la producción de maíz grano de riego es 1.6 veces mayor que el de temporal. En el caso de Sinaloa corresponde a 5.7, en Jalisco a 1.3 y en Nayarit a 1.6 veces mayor el de riego que el de temporal. Lo anterior corresponde y justifica una política que sufrague el uso óptimo del recurso hídrico, a través de canales de riego que incluya beneficios para los pequeños productores y no solo en el agroextractivismo.

**Palabras clave:** Rendimiento de producción; desarrollo regional; riego; análisis de varianza; *Zea mays*.

### ABSTRACT

The cultivation and production of grain maize constitute an important opportunity to promote the socio-economic and agricultural development of the communities of Mexico. According to the National Agricultural Planning 2017-2030 related to corn grain proposed by the federal government through the Secretariat of Agriculture and Rural Development (SADER); pointed as a producing region with production potential to the states of Sinaloa, Nayarit, and Jalisco. Grouped by the territorial structure that produces corn grain that predominates in this region. Same that contributed 35% of the national production of this grain in 2021. In order to find significant differences in the yield of corn in water modalities (irrigation and temporal), the analysis of variances for the proposed case of the states that make up the Western Territorial Region is addressed. With a temporality from 2008 to 2018. According to the analysis of variance of a ten-year cohort, it is concluded that in the Western Territory Region it was observed that the average yield of irrigated grain maize production is 1.6 times greater than that of temporary. In the case of Sinaloa, it corresponds to 5.7, in Jalisco to 1.3, and in Nayarit to 1.6 times greater than the irrigation than the storm. This corresponds to and justifies a policy that supports the optimal use of water resources, through irrigation channels or hunting that includes benefits for small producers and not only in agroextractivism.

**Keywords:** Production performance; regional development; irrigation; variance analysis; *Zea mays*.

## 1. Introducción

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia en el mundo, constituye 20,9% del gasto total del grupo de alimentos, bebidas y tabaco efectuado por las familias mexicanas (SAGARPA, 2017). Se siembra en diferentes escalas en todo el territorio nacional y se trata del cultivo de mayor importancia en términos de: valor, volumen de producción, superficie sembrada y número de productores, además del significado cultural que representa para algunas poblaciones en México; de cada 10 hectáreas sembradas a nivel nacional, cuatro son de maíz criollo (25%) (INEGI, 2017).

La producción de maíz está ligada a la cultura y tradiciones históricas mexicanas, estas poseen más de 600 productos derivados de este grano y una amplia gama en técnicas: culinarias, productivas y de transformación, que caracterizan a las diferentes regiones del país en las que se cultivan alrededor de 64 variedades de maíz (Santillán-Fernández et al., 2021a), mismas que a nivel mundial representan 60% de la diversidad que existe en el planeta.

De acuerdo con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Estado procurará el abasto y producción de este grano considerado estratégico para consolidar la soberanía, sustentabilidad, bienestar social y seguridad alimentaria, definida ésta última como el abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos para la población. Así como promover su acceso a los grupos sociales menos favorecidos y dando prioridad a la producción nacional (DOF, 2021).

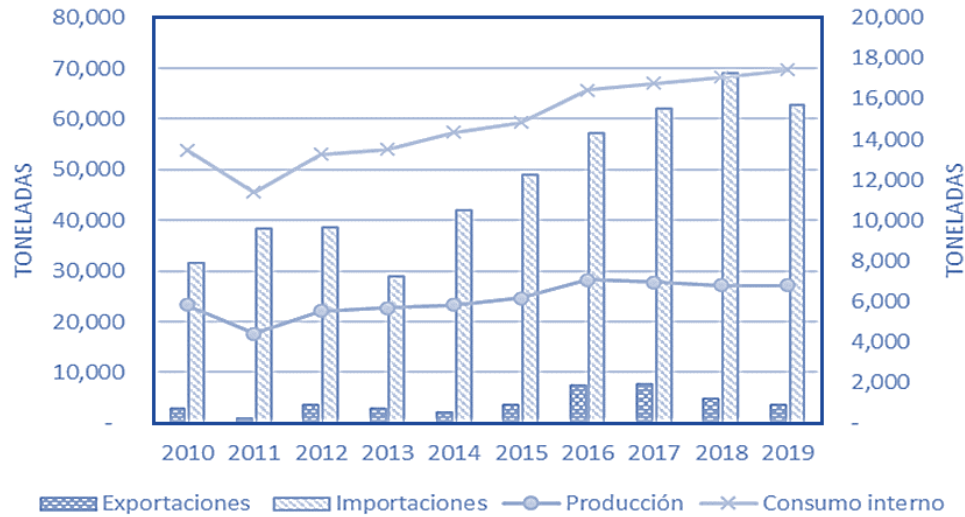
En México el consumo anual per cápita de maíz es de 349,1 kg, dato que permite afirmar que el maíz es un cereal primordial en la dieta de los mexicanos, por lo que su cultivo se encuentra presente en todas las entidades federativas del país. El Consejo Nacional Agropecuario (CNA) en 2021 estimó que en México se producen entre 27 y 28 millones de toneladas, y para abastecer esta demanda se importan entre 17 a 18 millones de toneladas, con esto México se ha convertido en el principal importador de maíz en el mundo (Enciso, 2022).

Durante siglos en México y Centroamérica se ha utilizado un método tradicional conocido como nixtamalización para procesar el grano de maíz y así formar la base de numerosos alimentos, de manera artesanal lo realizan segmentos de la población rural que adoptan cierta resistencia a incorporar innovadores paquetes tecnológicos en su producción. Los últimos 30 años de políticas neoliberales avasallaron la dinámica de los campesinos productores de maíz en México, el dilema del mercado global los enfrentó a decidir entre producir para el autoconsumo o para generar ingresos monetarios (Guzzon et al., 2021; Pérez & Solís, 2019; Valencia et al., 2019; Jaramillo et al., 2018).

Santilla-Fernández et al. (2021b) desarrollaron una investigación en la cual compararon las políticas agrícolas llevadas a cabo entre 2007 a 2018 en México, estos autores sugirieron que el impulso de la producción de maíz en grano se realizó a través de dos modelos:

- Período 2007-2012 se impulsó el uso de variedades transgénicas.
- Período 2013-2018 se impulsó la producción de maíz en grano a través de la Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional.

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el año 2017 se sembraron 14,8 millones de hectáreas de maíz a nivel nacional, 68.4% de hectáreas con semilla mejorada y 31.6 % de hectáreas con semilla criolla (SIAP, 2021). En este mismo año, México fue el quinto país con mayor producción de maíz a nivel mundial, solo por debajo de países como Argentina, Brasil, China y Estados Unidos (FAO, 2016). De acuerdo con datos reportados por FAOSTAT (2022), México registró en el periodo de 2010 a 2019 un incremento de 38,9% en el consumo de maíz a nivel nacional, demanda que se ha cubierto con importaciones, mismas que se han incrementado en 97,6% en el mismo periodo de tiempo. Si bien, la producción registra una tasa de crecimiento positiva de 16,8%, esta no logra abastecer el consumo interno que demanda el doble de su capacidad (Figura 1).



**Figura 1.** Balance del maíz grano en México, 2010-2019.

Fuente: Elaboración propia con datos de Faostat (2022)

En 2018 se produjeron 27,2 millones de toneladas de maíz, los principales estados productores son: Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los estados representan el (20%) restante. Sinaloa y Jalisco son los dos principales productores de maíz en el país, el primero con una producción de 5.8 millones de toneladas y Jalisco con 3,8 millones de toneladas. Lo que representa en conjunto 35,2 % de la producción nacional (SIAP, 2021).

En el estado de Sinaloa, 89% de la producción de maíz se realiza con sistemas de irrigación, siendo el ciclo otoño-invierno con un 83% de la superficie sembrada en el estado. Se observa un crecimiento de superficie sembrada de maíz de 287% entre el año de 1980 a 2016 (Delgado & Rodríguez, 2019).

El estado de Jalisco se posicionó como el segundo productor de maíz a nivel nacional, con 2,02 millones de toneladas en el año agrícola 2021, y el quinto a nivel nacional en producción agrícola (Castañeda et al., 2014). Esto representó 9,2% de producción a nivel nacional. De acuerdo con lo reportado por SIAP (2021), la producción ha crecido a una tasa promedio anual en los últimos diez años de 4,7%. El ciclo de mayor producción en este estado es en el de Primavera-Verano con un 99,3% de la producción, de ésta 90% es de temporal.

La producción de maíz en el estado de Nayarit es principalmente de temporal, donde el rendimiento de toneladas por hectárea es en promedio entre 2,5 y 3 t/ha, arriba de la media nacional. Mientras

que el rendimiento con riego corresponde a 8 t/ha igual que en el estado de Jalisco.

Los sistemas tecnológicos y la producción en el estado de Nayarit son menos desarrollados en comparación con Jalisco y Sinaloa; sin embargo, los datos de producción muestran que cuenta con las condiciones naturales para intensificar el porcentaje de producción, lo que podría visualizar la integración de una Región Territorio Occidente, especializada en la producción de maíz que coadyuve a cubrir las necesidades del grano a nivel nacional (SIAP-SADER; 2019).

Los datos descritos en los párrafos anteriores sobre la producción de maíz le dan a la región Sinaloa, Nayarit y Jalisco las características suficientes para calificarla como el área más importante en el país en producción de este grano.

Las potencialidades que se tienen para aumentar la superficie sembrada de maíz bajo riego son elevadas como se demuestra en el siguiente cuadro de datos en el que se ve que aún existe muy alta cantidad de superficie sembrada de otros cultivos bajo riego, de los cuales podrían reducirse superficie para transferirla, no del todo, al cultivo de maíz y convertir a la región en la productora de este grano que conlleve a la autosuficiencia nacional de este grano, meta de primera importancia para el país.

Los datos de la Tabla 1 permiten sustentar la hipótesis de que puede superarse el problema de que 40% del grano que se consume en el país es de importación, principalmente de E.U. (SIAP, 2021).

**Tabla 1**

Superficie sembrada con riego en la región occidente 2020

Estado	Superficie con infraestructura de riego (ha)	Superficie de maíz sembrada con riego (ha)	Superficie de otros cultivos sembrada con riego (ha)
Sinaloa	847,419	538,971	308,448
Jalisco	303,771	44,369	259,402
Nayarit	85,958	3,401	82,557
TOTAL	1,237,148	586,741	650,407
Nacional	6,500,000	1,563,860	6,062,805

Fuente: SIAP (2021).

En México se han realizado investigaciones que contrastan los rendimientos de la producción de riego y temporal en los cultivos de sorgo grano, frijol y maíz (Montesillo-Cedillo, 2016; 2017), por lo que resulta importante realizar investigaciones que aporten evidencia que contribuya a dirigir acciones que promuevan la seguridad alimentaria, en el caso de México; mantener actualizada la información que dé certidumbre y vincule las problemáticas relacionadas al déficit de la producción de maíz, para ello, es importante identificar las regiones geográficas con el potencial productivo, los sistemas tecnológicos y la infraestructura hídrica necesaria, para lo cual se presenta una primera aproximación

Asimismo, cabe señalar que a partir de la apertura comercial que se desarrolló en México, su incorporación a la Organización Mundial del Comercio (OMC), después al TLCAN y actualmente T-MEC con EUA y Canadá, se presenta un escenario donde es necesario desarrollar investigaciones en torno al contexto en que se desenvuelven las actividades productivas, tecnológicas y comerciales del maíz en México.

De acuerdo con Santillán et al. (2021b), quienes diferenciaron siete unidades ambientales con variabilidad en cuanto a los umbrales climáticos: Pacífico Norte, Sierra Tarahumara, Noreste, Centro, Pacífico Sur, Sureste y Península de Yucatán. Se destaca, para este análisis el caso de los estados de Sinaloa, Nayarit y Jalisco, quienes integran la región Centro-Pacífico (Norte y sur), concentrando una gama de 44 de las 64 variedades nativas de México.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo analizar el rendimiento, toneladas por hectárea (t/ha), de maíz grano en los estados de Sinaloa, Nayarit y Jalisco bajo las modalidades hídricas de riego y en temporal, durante el periodo de los ciclos anuales de 2008 a 2018, con el objeto de identificar la influencia que tienen en la productividad la modalidad hídrica a los estados seleccionados.

## 2. Material y métodos

En la presente investigación se identificaron las fuentes de datos primarias, por ejemplo, la producción de maíz por estado, superficie sembrada y cosechada, rendimiento por hectárea y rendimiento por modalidad hídrica (riego y temporal). La información fue obtenida del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Es importante precisar que la metodología presentada, responde a una comparación de medias mediante técnicas estadísticas. Este análisis se realiza de forma agregada, es decir, no se presenta un análisis desde el punto de vista de los procesos productivos, uso de factores de producción (excepto para la modalidad hídrica), adopción de paquetes tecnológicos. Se asume que cada productor hace uso de diversos factores en su proceso de producción.

### Comparación de medias

Dentro del ámbito investigación aplicada de las ciencias sociales, la mayoría de las investigaciones suelen utilizar pruebas estadísticas paramétricas; estas presuponen la normalidad (univariada o multivariada) de las distribuciones de las puntuaciones en la población, homogeneidad de varianzas e independencias de las observaciones. La violación de los supuestos provoca que las estimaciones e interpretaciones de los resultados no sean robustos (Pedrosa et al., 2015).

El estadístico de comparación de medias está basado en los siguientes supuestos (Montilla, 2010):

- i. **Normalidad:** establece que la variable  $X_1$  se distribuye como una normal con media  $\mu_1$  y varianza  $\sigma_1^2$ , y la variable  $X_2$  también se distribuye como una normal con media  $\mu_2$  y varianza  $\sigma_2^2$ .

- ii. **Homogeneidad de varianzas (homocedasticidad):** Este supuesto indica que las dos varianzas poblacionales son iguales ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ).
- iii. **Independencia de las observaciones:** Este supuesto establece que las observaciones dentro o entre los dos grupos no son dependientes, y se asume que una muestra de tamaño  $n_1$  es obtenida aleatoriamente de la población 1 y una muestra independiente de tamaño  $n_1$  es seleccionada aleatoriamente de la población 2.

Existen estudios que han encontrado resultados robustos cuando se viola el supuesto de normalidad y el de homocedasticidad (Finch, 2005; Lemeshko & Lemeshko, 2008), desde hace más de 55 años los diferentes expertos en metodología recomiendan el uso de pruebas no paramétricas cuando los datos sobre los que se trabaja no cumplen dichos supuestos (Zimmerman, 1998).

#### Prueba de normalidad de Kolmogorov – Smirnov

Dentro de la diversidad de pruebas existentes, la prueba de Kolmogorov – Smirnov (K-S), es la más usada en investigación, se basa en el concepto de la función de distribución empírica y sus propiedades como aproximación de la función de distribución teórica cuando se trabaja sobre variables continuas y son conocidos todos los parámetros muestrales (Isaza, Acevedo, & Hernández, 2015). Se emplea para tamaños muestrales mayores de 50 observaciones. Se recomienda utilizar la corrección de Lilliefors (1967) cuando se desconoce la media y la varianza poblacional, para esto se estiman a través de los datos muestrales (Alonso & Montenegro, 2015).

La hipótesis a contrastar: hipótesis nula ( $H_0$ ): la muestra procede de una función distribución normal, contra la hipótesis alternativa ( $H_a$ ): la muestra no procede de una función de distribución normal. Criterio de decisión: si el valor de la significación estadística (valor de p) de  $H_0$  es mayor a 0,05, se rechaza la  $H_0$  en favor de la  $H_a$ .

#### Prueba de Levene

Para contrastar la igualdad de dispersión de las varianzas se utilizó la prueba de Levene. Existen contrastes para una gran variedad de hipótesis sobre la matriz de covarianzas de una población, o sobre las matrices de covarianzas de más de una población. Se consideró de una manera general el contraste de hipótesis para la igualdad de matrices de covarianza de  $g$  poblaciones normales.

El juego de hipótesis a contrastar es: hipótesis nula ( $H_0$ ) igualdad de varianzas en los  $n$  grupos, contra la hipótesis alternativa ( $H_a$ ): al menos una varianza de los  $n$  grupos es diferente. Bajo  $H_0$  la estadística  $F$  sigue aproximadamente una distribución  $F$  con  $g - 1$  y  $N - g$  grados de libertad (Anderson, 2006). El criterio de decisión es, si el valor de la significación estadística (valor de p) de  $H_0$  es mayor a 0,05, se rechaza la  $H_0$  en favor de la  $H_a$  (Hair et al., 1999).

#### Pruebas de Kruskal-Wallis

La prueba estadística no paramétrica empleada para probar igualdad de poblaciones es fue la de Kruskal-Wallis, la cual consiste en:

Sean  $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n_1}; X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n_2}; X_{q1}, X_{q2}, \dots, X_{qnq}$ ,  $q$  muestras aleatorias de tamaño  $n_i$  con  $i = 1, 2, \dots, q$  que provienen de funciones de distribución desconocidas  $F_1, F_2, \dots, F_q$ . Se quiere probar la hipótesis nula ( $H_0$ ):

$$H_0 : F_1(X) = F_2(X) = \dots = F_q(X) = F(X)$$

contra la alternativa

$$H_a : F_i(X) = F(X - \theta_i)$$

(para toda  $X$ ,  $i = 1, 2, \dots, q$ ), donde las  $q_i$  son números reales no necesariamente iguales. La estadística de prueba es:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^q \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

Donde  $R_i = \sum_{j=1}^{n_i} R_{ij}$  es la suma de los rangos de  $n_i$  valores de la  $i$ -ésima muestra y  $H$  se distribuye aproximadamente como una ji-cuadrada con  $q - 1$  grados de libertad ( $\chi_{q-1}^2$ ) cuando  $n_i \geq 5$  (Kruskal, 1952). Puesto que valores pequeños de  $H$  apoyan  $H_0$ , entonces se rechaza  $H_0$  cuando  $H > \chi_{\alpha, q-1}^2$  (Lemeshko & Lemeshko, 2008).

#### 3. Resultados y discusión

La producción de maíz depende en gran medida de fertilizantes sintéticos, diesel, electricidad de origen fósil y demandan grandes cantidades de agua de riego debido al uso extensivo de métodos de riego por surcos de baja eficiencia. Estas consideraciones plantean preocupaciones sobre la sostenibilidad de los métodos agrícolas convencionales utilizados actualmente para el cultivo de este grano (Juárez & Sheinbaum, 2020). En 2016 se destinaron 7,76 millones de hectáreas a la producción de maíz (temporal y riego), de estas 75,59% se encuentran mecanizadas, 65,06% no cuentan con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, y 30,16% de la superficie sembrada tuvo asistencia técnica (SAGARPA, 2017).

En el estado de Sinaloa presenta los mayores rendimientos promedio de maíz en la modalidad hídrica de riego (9,59 t/ha, Tabla 2), la desviación estándar es menor que en otros estados o en la región de análisis, esto implica que los rendimientos promedio son más homogéneos en Sinaloa y modalidad hídrica de riego. Para el caso de temporal, en el estado de Jalisco se observó el mayor rendimiento promedio.

En el estado de Sinaloa existe la mayor diferencia entre las modalidades hídricas riego y temporal

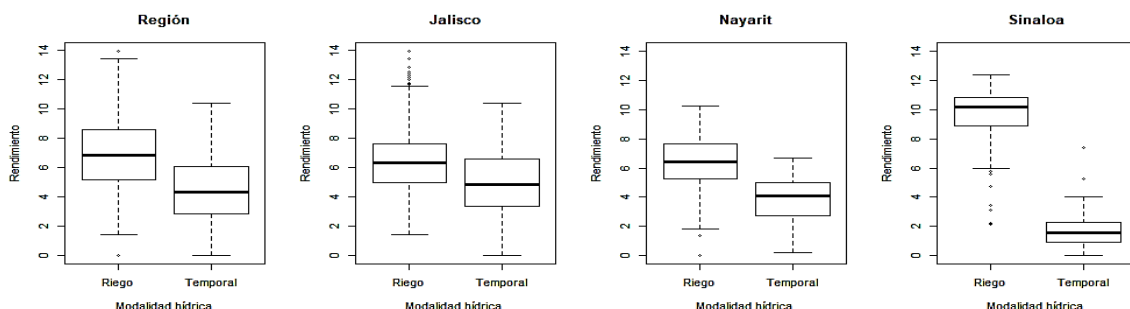
(Figura 2). Al respecto, Delgado & Rodríguez (2019) señalan que “Sinaloa se ha convertido en el principal productor de maíz blanco en las últimas décadas; su cultivo es intensivo en agroquímicos, lo que puede ocasionar problemas de contaminación al suelo y agua. La superficie sembrada se incrementó 287% de 1980 a 2016, especialmente en áreas irrigadas”. Los datos obtenidos por modalidad hídrica, región y estados no se distribuyen como una función distribución normal (Figura 3).

**Tabla 2**

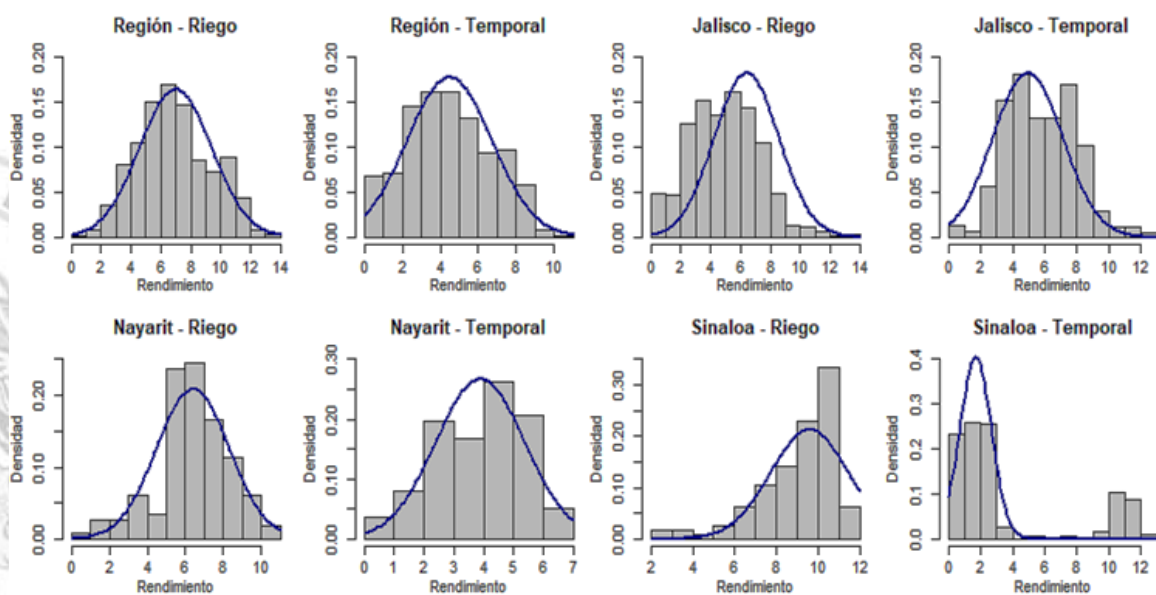
Resumen de los datos de rendimientos de maíz por región, estado, y modalidad hídrica (2008-2018)

Lugar	Modalidad hídrica	Media de rendimiento	Desviación estándar
Región	Riego	6.986993	2.422861
	Temporal	4.487711	2.238994
Sinaloa	Riego	9.593377	1.8725248
	Temporal	1.683379	0.9842709
Jalisco	Riego	6.418847	2.182976
	Temporal	4.940707	2.178466
Nayarit	Riego	6.406491	1.910631
	Temporal	3.887475	1.494806

Fuente: elaboración propia con base en los datos de rendimiento de maíz de SIAP-SADER.



**Figura 2.** Gráfica de cajas por región, estados, y modalidad hídrica (Elaborado con los datos de rendimiento).



**Figura 3.** Histogramas y curva hipotética de distribución por región, estados y modalidad hídrica

Fuente: elaboración propia con base en los datos de rendimiento de maíz de SIAP-SADER.

Para confirmar la no normalidad de los datos, se realizó la prueba de Kolmogorov – Smirnov con la corrección de Lilliefors. Con un 95% de confianza se afirma que no existe suficiente evidencia estadística que las muestras de los grupos (modalidad hídrica, región o estado) proceda de una distribución normal (Tabla 3).

**Tabla 3**

Resumen de la prueba de Kolmogorov – Smirnov (Lilliefors) por región y estados y modalidad hídrica

Lugar	Tipo	Estadístico K-S (Lilliefors)	Valor p
Región	Riego	0,04176	4,389e-05
	Temporal	0,04176	2,011e-06
Jalisco	Riego	0,049692	0,001444
	Temporal	0,049731	4,228e-07
Nayarit	Riego	0,090472	0,02269
	Temporal	0,099078	6,63e-05
Sinaloa	Riego	0,15268	2,208e-09
	Temporal	0,09921	0,001356

Para contrastar la igualdad de varianzas (prueba de homocedastidad), se utilizó la prueba de Levene. Con un 95% de confianza, que no existe evidencia estadística para rechazar el supuesto de igualdad de varianzas (Tabla 4).

**Tabla 4**

Prueba de homocedastidad de Levene por región y estado

Lugar	Grados de libertad	Valor F	Pr(>F)	Valor p
Región	1	3,4999	0,0615	0,9385
	2359			
Jalisco	1	2,1708	0,1408	0,8592
	1748			
Nayarit	1	2,2759	0,1324	0,8676
	310			
Sinaloa	1	18,002	2,952e-05	0,9999
	297			

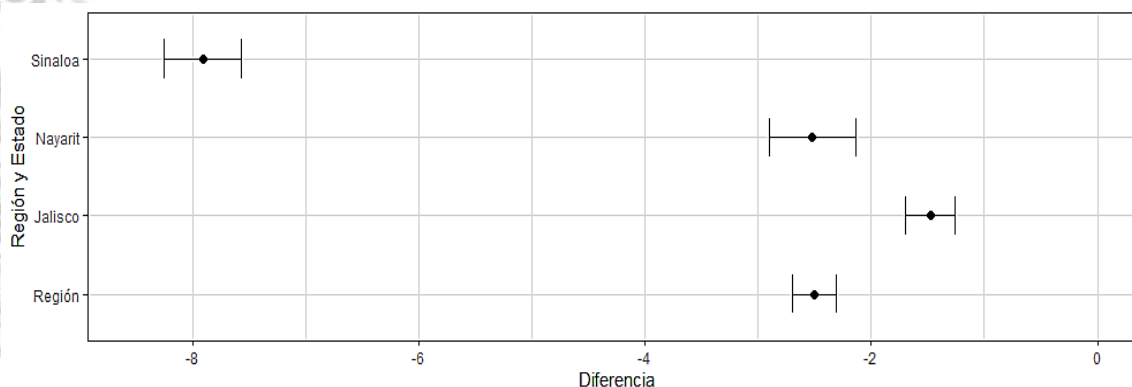
Se concluye que la prueba apropiada para la comparación de medias es mediante la prueba no paramétrica propuesta por Kruskal-Wallis (Tabla 5). En todos los casos no existe suficiente evidencia estadística para afirmar igualdad de medias en el rendimiento de maíz entre las diferentes modalidades hídricas (riego y temporal) por región o estado, en todos los casos el valor de  $p$  es menor a  $\alpha = 0.05$  (95% de confianza).

**Tabla 5**

Resumen de las pruebas de Kruskal-Wallis por región y estado

Lugar	Grados de libertad	Kruskal-Wallis Chi-squared	Valor p
Región	1	465,6	2,2e-16
Jalisco	1	139,49	2,2e-16
Nayarit	1	115,2	2,2e-16
Sinaloa	1	218,81	2,2e-16

En la Figura 4 se presenta diferencia de medias por modalidad hídrica para la región y por estado. En esta se observa que la mayor diferencia entre riego y temporal se registra en el estado de Sinaloa, es decir, la modalidad hídrica de riego en términos puntuales es 5,69 veces mayor que temporal. La producción de maíz grano por hectárea, con uso de riego, representa una importante oportunidad para Sinaloa, Nayarit y Jalisco, en tanto que genera poco más de un tercio (36%) de la producción nacional de maíz grano. Esto pone de manifiesto el potencial para el desarrollo socioeconómico y agrícola de esta región. Actualmente, es considerada como una región especializada en la producción de maíz, donde resulta necesario impulsar políticas públicas de consolidación para fortalecer el mercado de maíz.



**Figura 4.** Gráfica de diferencias entre medias por región y estado. Fuente: elaborado con base en datos de rendimiento de maíz de SIAP-SADER.

#### 4. Conclusiones

De acuerdo con la información estadística sobre el cultivo de maíz, la región Jalisco, Nayarit y Sinaloa integran la región más importante de México como productoras de este grano.

En la Región Territorio Occidente (Sinaloa, Nayarit y Jalisco) se observa que con la modalidad hídrica de riego se presenta un mayor rendimiento de producción de maíz grano por hectárea en comparación con la de temporal. Esto representa un potencial de producción superior al nivel de producción actual.

A nivel regional, el rendimiento medio de la producción de maíz grano de riego es 1,6 veces mayor que el de temporal. En el caso de Sinaloa corresponde a 5,7, en Jalisco a 1,3 y en Nayarit a 1,6 veces mayor el de riego que el de temporal. Esto refleja una notable ventaja comparativa y competitiva del uso de riego en los estados analizados.

En todos los casos se concluyó que existe suficiente evidencia estadística para afirmar diferencia de medias en el rendimiento de maíz entre las diferentes modalidades hídricas (riego y temporal) por región o estado.

Actualmente, la soberanía alimentaria se ha convertido en un problema público, que los gobiernos se han visto en la necesidad de retomar en sus estrategias y discursos políticos.

Esta información puede ser base para incentivar e impulsar políticas públicas que permitan establecer como principal región productora de maíz nacional a la Región Territorio Occidente, con el fin de fomentar la producción nacional y satisfacer la demanda interna.

#### Referencias bibliográficas

- Alonso, J. C., & Montenegro, S. (2015). A Monte Carlo Study to compare 8 normality tests for least-squares residuals following a first order autoregressive process. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 253–265.
- Anderson, M. J. (2006). Distance-Based Tests for Homogeneity of Multivariate Dispersions. *Biometrics*, 62(1), 245–253.
- Castañeda, Y., González, A., Chauvet, M., & Ávila, J. F. (2014). Industria semillera de maíz en Jalisco: Actores sociales en conflicto. *Sociológica (México)*, 29(83), 241-279.
- Delgado, D. C., & Rodríguez, J. A. L. (2019). La producción de maíz en Sinaloa, México, y sus implicaciones para el medio ambiente/The Production of Corn in Sinaloa, Mexico and its Implications for the Environment. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 25, 100-118.
- DOF. (2021). Presidencia de la República: Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Junio 03, 2021.
- Enciso, A. L. (2022). México, primer importador de maíz en el mundo: CNA. La Jornada, Ed.
- FAOSTAT. (2022) The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Crops.
- Finch, H. (2005). Comparison of the performance of nonparametric and parametric MANOVA test statistics when assumptions are violated. *Methodology*, 1(1), 27–38.
- Guzzon, F., Arandia Rios, L. W., Caviedes Cepeda, G. M., Céspedes Polo, M., Chavez Cabrera, A., Muriel Figueroa, J., ..., & Pixley, K. V. (2021). Conservation and use of Latin American maize diversity: Pillar of nutrition security and cultural heritage of humanity. *Agronomy*, 11(1), 172.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante (Hair).pdf* (p. 814). p. 814.
- INEGI. (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía: Encuesta Nacional Agropecuaria 2017.
- Isaza, L., Acevedo, E., & Hernández, F. (2015). Comparación de Pruebas de Normalidad. *XXI Simposio Internacional de Estadísticas 2015*, 77 (Zimmerman 2011), 8–11.
- Jaramillo, J. G., Peña, B., Valeriano, J., Díaz, R., & Espinosa, A. (2018). Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9, 911-923.
- Juárez-Hernández, S., & Sheinbaum Pardo, C. (2020). Assessing the potential of alternative farming practices for sustainable energy and water use and GHG mitigation in conventional maize systems. *Environment, Development and Sustainability*, 22(8), 8029-8059.
- Kruskal, W. H. (1952). A Nonparametric test for the Several Sample Problem. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23(4), 525–540.
- Lemeshko, B. Y., & Lemeshko, S. B. (2008). Power and robustness of criteria used to verify the homogeneity of means. *Measurement Techniques*, 51(9), 950–959.
- Lilliefors, H. W. (1967). On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance. *Journal of American Statistics*, 62(318), 399–402.
- Montesillo-Cedillo, J. L. (2017). Rendimiento por hectárea de sorgo grano y de frijol en México: riego vs temporal. *Economía Informa*, 403, 91-101.
- Montesillo-Cedillo, J. L. (2016). Rendimiento por hectárea del maíz grano en México: distritos de riego vs temporal. *Economía Informa*, 398, 60-74.
- Montilla, J. M. (2010). Relevancia de los tests estadísticos t y f en comparación de medias para muestras. *ACADEMIA. ISSN 1690-3226. Volumen IX (18). Pág. 4-14.*
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., & García-Cueto, E. (2015). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Universitas Psychologica*, 14(1), 245–254.
- Pérez, E. F. P., & Solís, D. V. (2019). El dilema de los campesinos frente a los imperativos del mercado neoliberal en Los Altos de Chiapas, México. *Estudios Rurales*, 9(18), 1.
- Santillán-Fernández, A., Salinas-Moreno, Y., Valdez-Lazalde, J. R., Bautista-Ortega, J., & Pereira-Lorenzo, S. (2021a). Spatial delimitation of genetic diversity of native maize and its relationship with ethnic groups in Mexico. *Agronomy*, 11(4), 672.
- Santillán-Fernández, A., Salinas-Moreno, Y., Valdez-Lazalde, J. R., Carmona-Arellano, M. A., Vera-López, J. E., Pereira-Lorenzo, S. (2021b). Relationship between Maize Seed Productivity in Mexico between 1983 and 2018 with the Adoption of Genetically Modified Maize and the Resilience of Local Races. *Agriculture*, 11, 737
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP; (2021). Avance de siembras y cosechas, riego. SADER; México.
- Valencia Romero, R., Sánchez Bárcenas, H., & Robles Ortiz, D. (2019). Soberanía Alimentaria de granos básicos en México: un enfoque de cointegración de Johansen a partir del TLCAN. *Análisis económico*, 34(87), 223-248.
- Zimmerman, D. W. (1998). Invalidation of Parametric and Nonparametric Statistical Tests by Concurrent Violation of Two Assumptions. *The Journal of Experimental Education*, 67(1), 55–68.