



# Webinar 28



## Análisis retrospectivo de la producción agrícola de maíz grano en México bajo riego y temporal, 1980-2019

**Dr. José Luis Montesillo Cedillo**  
Jefe del departamento de investigación y estudios avanzados  
CIME-UAEMEX



11 de agosto del 2020

# Objetivo

El objetivo de la presente investigación es cuantificar la superioridad del rendimiento del maíz grano bajo la modalidad de riego respecto del temporal al nivel estatal durante el periodo 1980-2019.



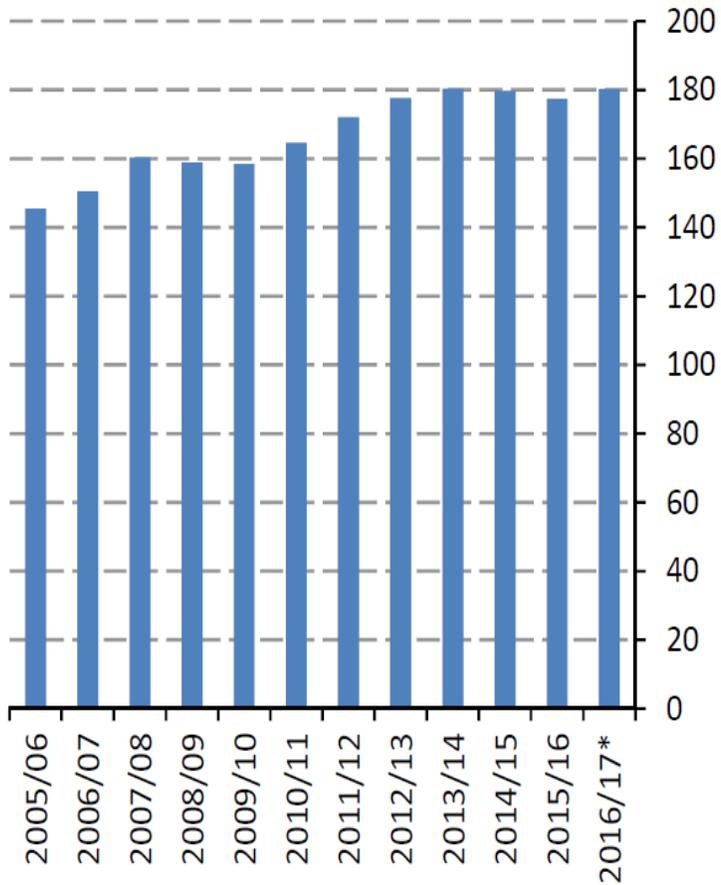
# 1.1. Principales cultivos en México



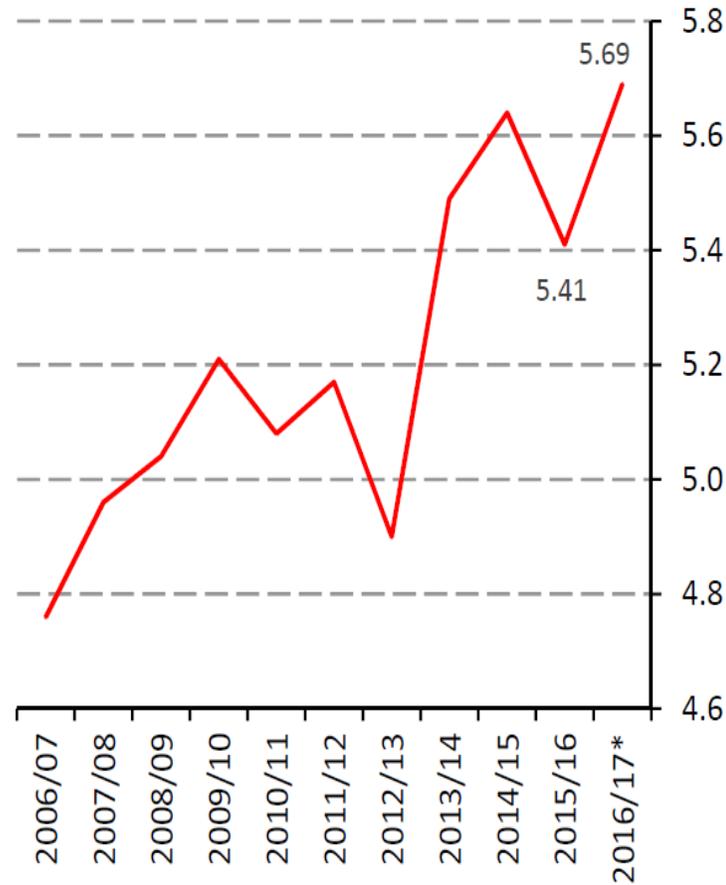
En México, los principales cultivos por superficie cosechada son el sorgo, maíz grano y frijol, tanto en la modalidad de riego como de temporal (Conagua-EAM, 2018: 107).

## Producción mundial de maíz, 2005/06 - 2016/17

a) Superficie cosechada  
(Millones de hectáreas)



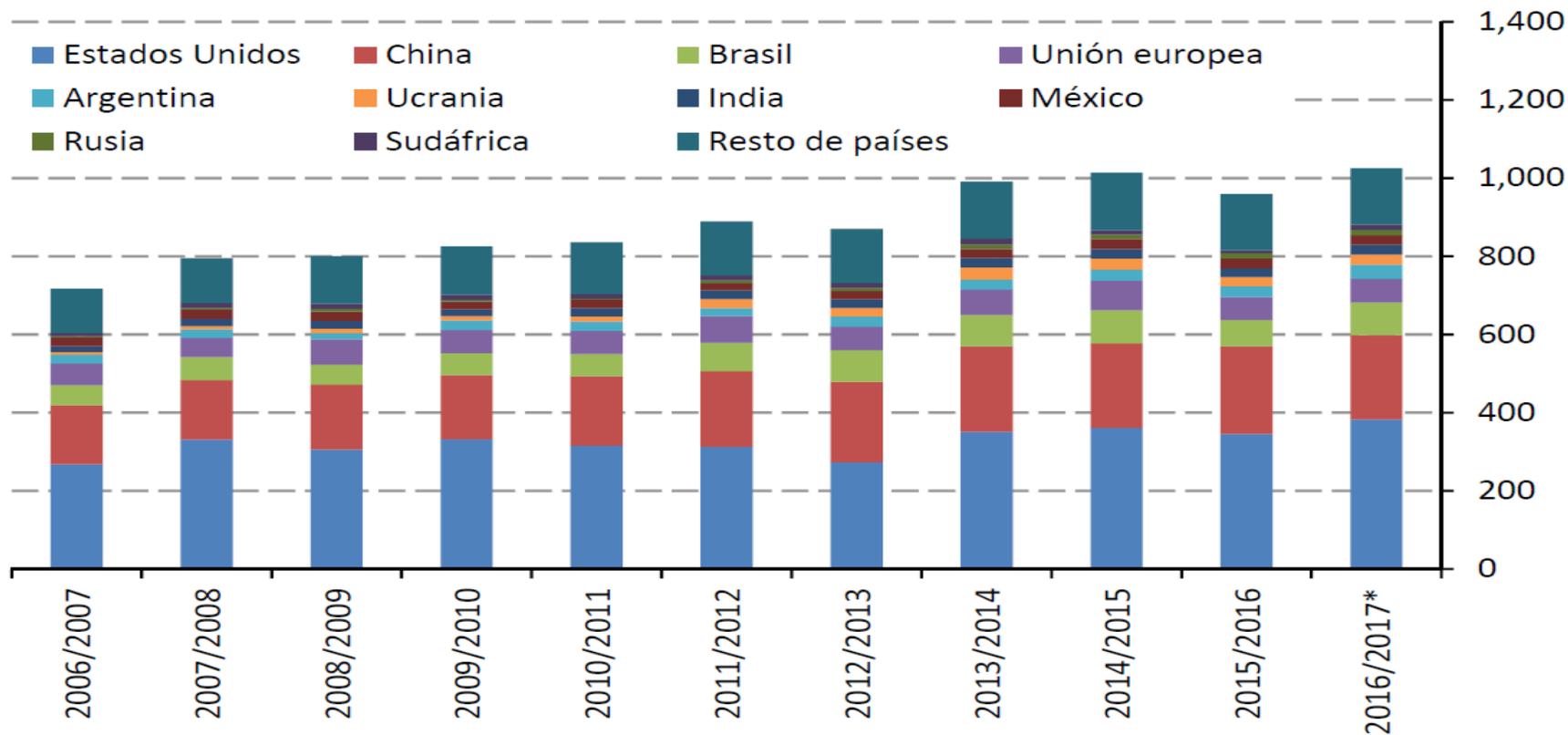
b) Rendimiento promedio  
(Toneladas por hectárea)



Fuente: USDA.

\*Estimado.

## Producción mundial de maíz, 2006/07 - 2016/17 (Millones de toneladas)

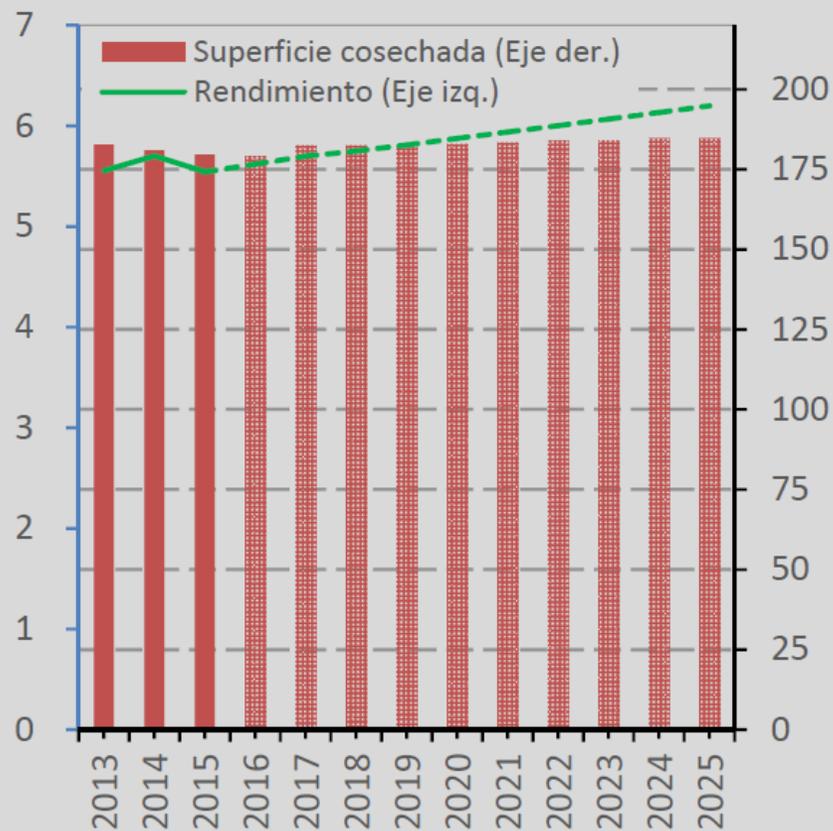


Fuente: USDA.

\*Estimado.

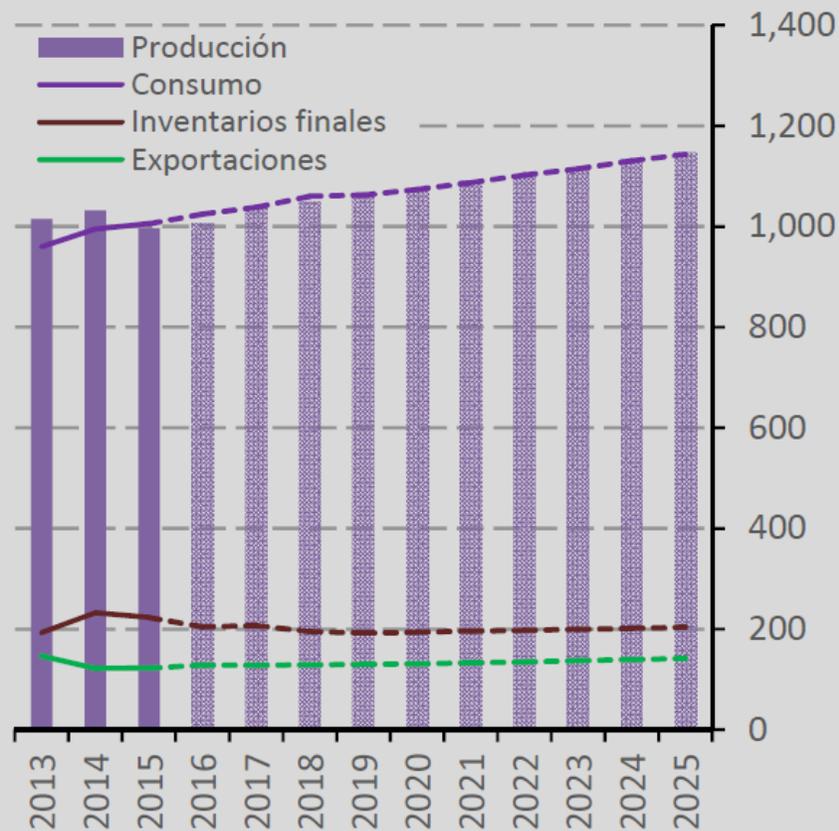
Fuente: FIRA, 2016, p.2.

### Superficie y rendimiento (Millones de hectáreas y toneladas por hectárea)



Fuente: OCDE-FAO Agricultural Outlook 2016-2025.

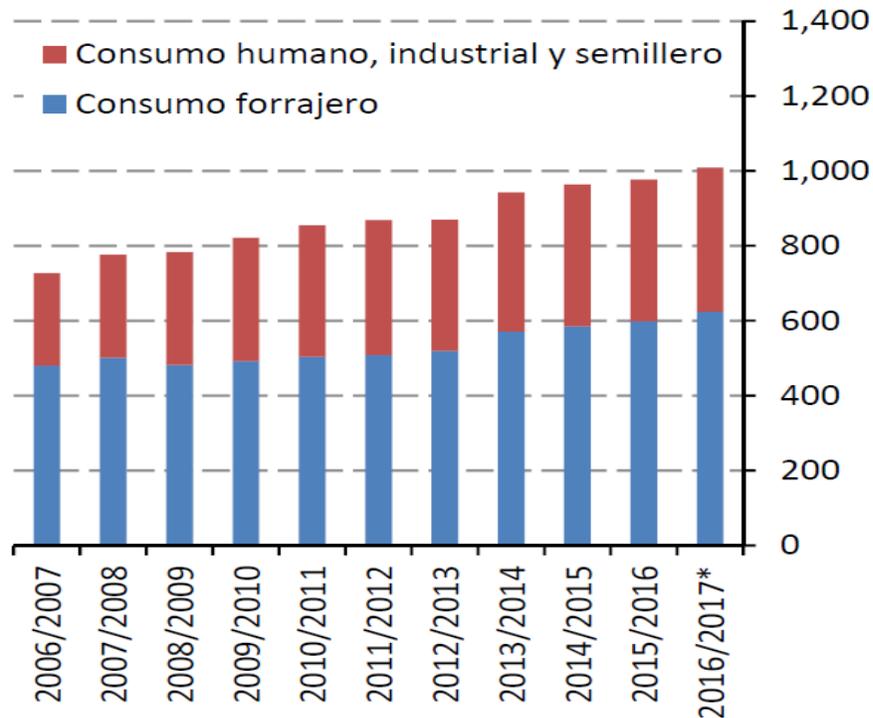
### Producción, consumo, inventarios finales y exportaciones (Millones de toneladas)



Fuente: OCDE-FAO Agricultural Outlook 2016-2025.

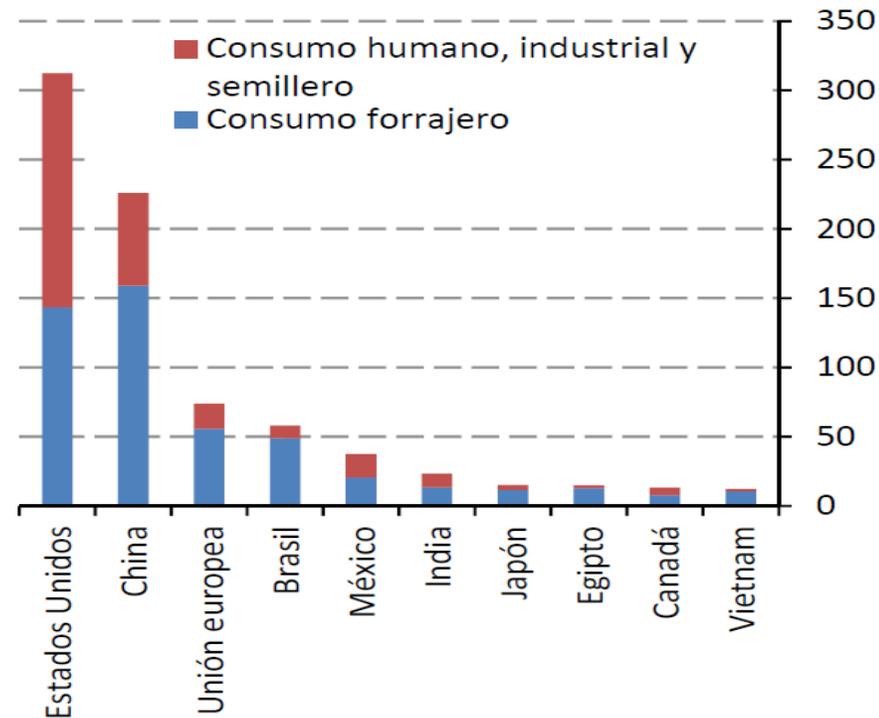
## Consumo de maíz, 2006/07 – 2016/17 (Millones de toneladas)

**a) Consumo mundial**



Fuente: USDA.

**b) Principales países, 2016/17**



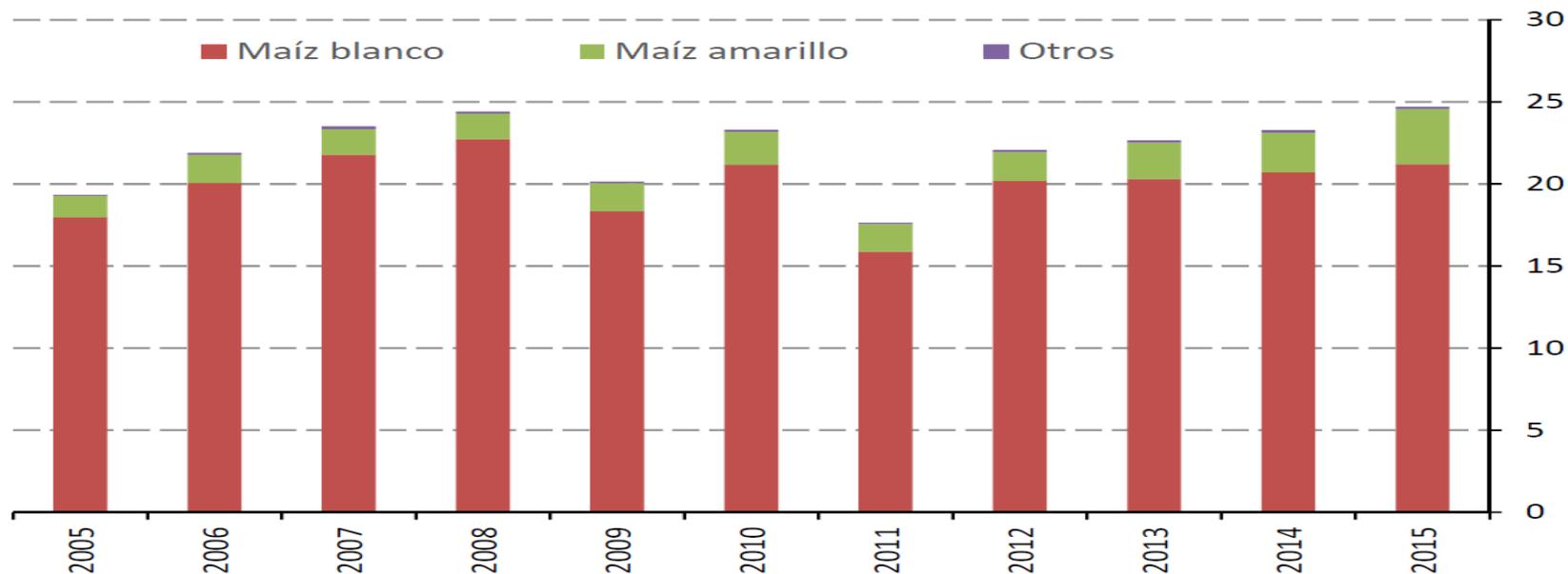
\*Estimado.

Fuente: FIRA, 2016, p.10.

Durante el año agrícola 2015 la producción de maíz grano en México creció a una tasa anual de 6.1 por ciento para totalizar 24.69 millones de toneladas. La composición por tipo de maíz muestra que el 85.9 por ciento de la producción nacional correspondió a maíz blanco, 13.6 por ciento a maíz amarillo y el restante 0.5 por ciento a otros tipos de maíz.

Fuente: FIRA, 2016, p.14.

**Producción de maíz grano en México por tipo, 2005 - 2015**  
(Millones de toneladas por año agrícola)

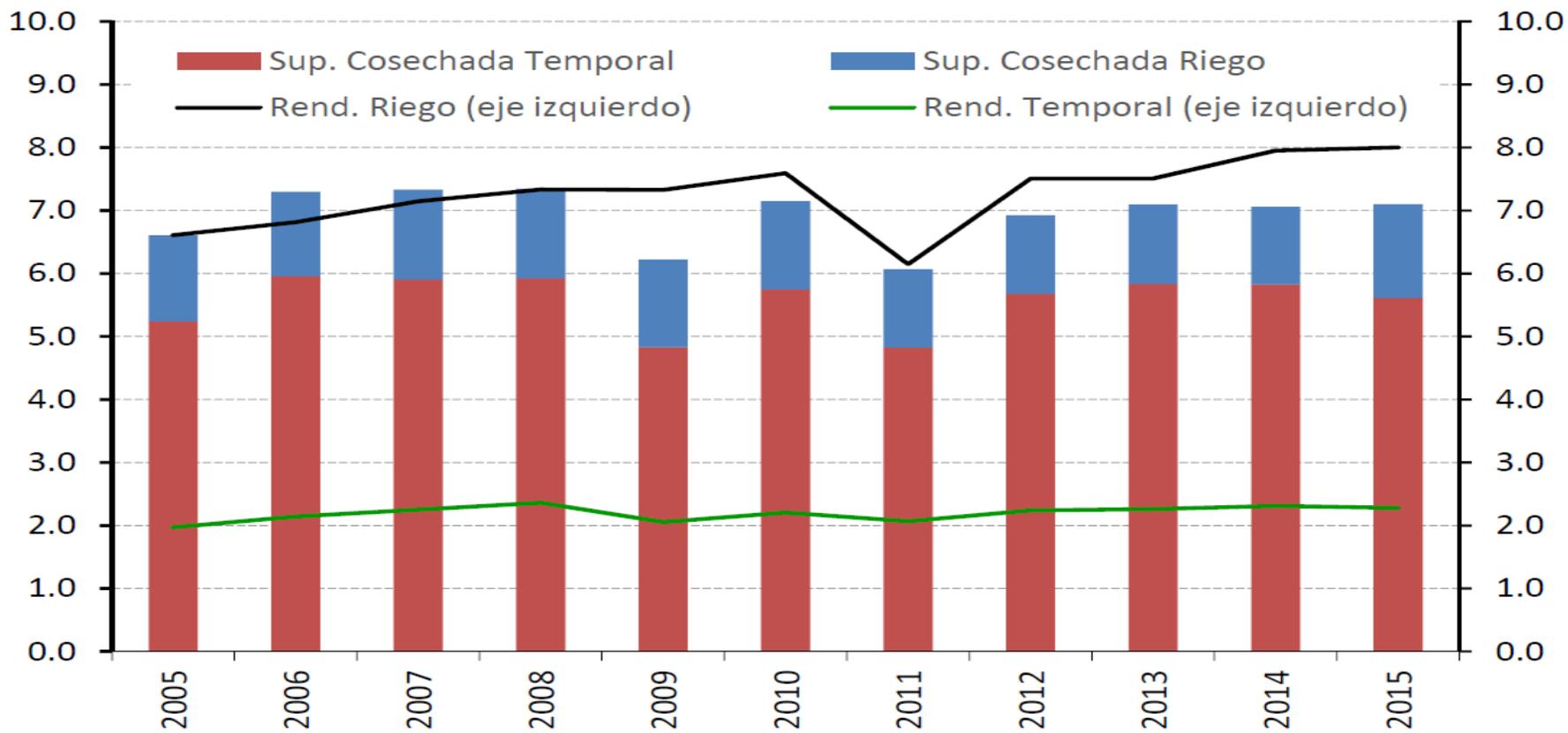


Fuente: SIAP-SAGARPA.

Fuente: FIRA, 2016, p.15.

## Superficie cosechada y rendimientos de maíz grano por modalidad hídrica, 2005-2015

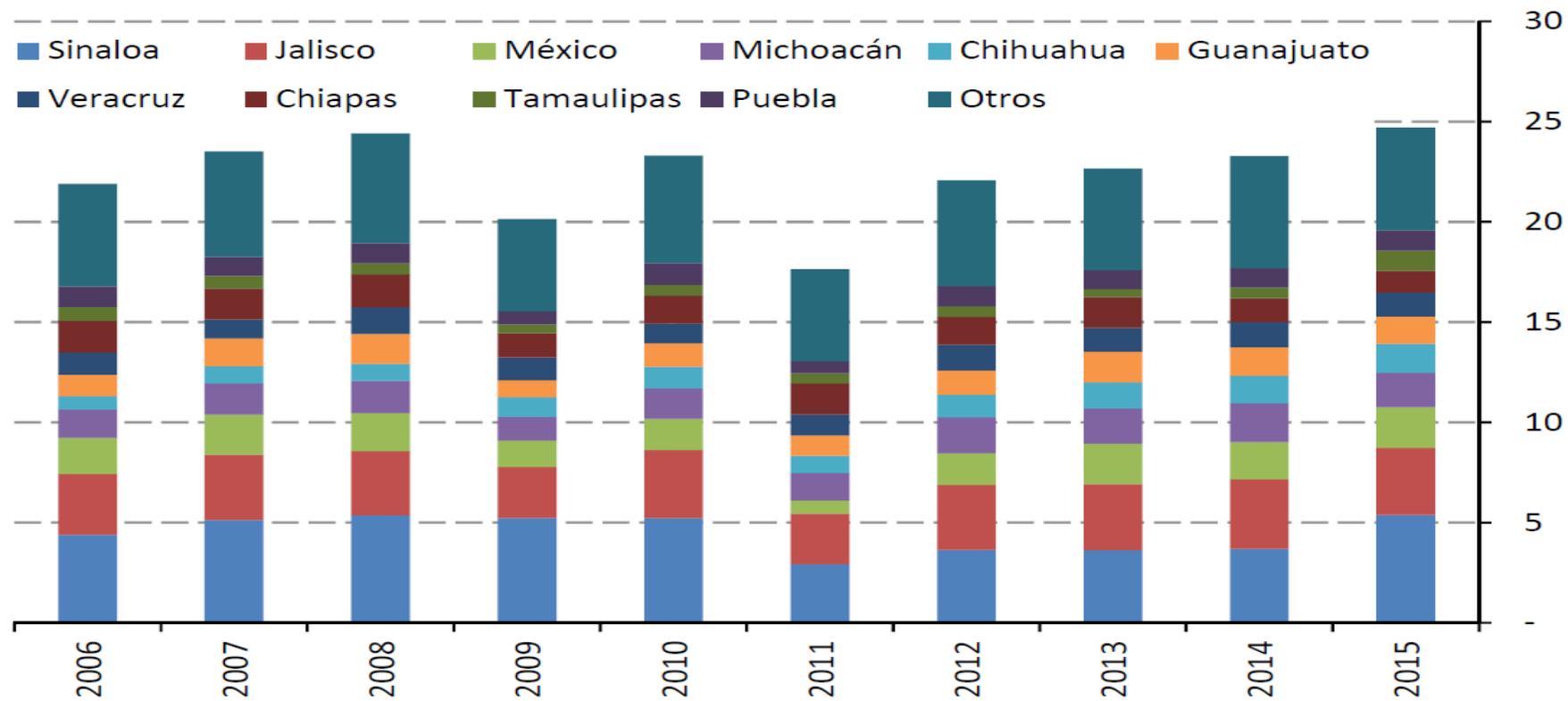
(Millones de hectáreas y toneladas por hectárea)



Fuente: SIAP-SAGARPA.

Fuente: FIRA, 2016, p.16.

## Principales estados productores de maíz grano en México, 2006 - 2015 (Millones de toneladas)

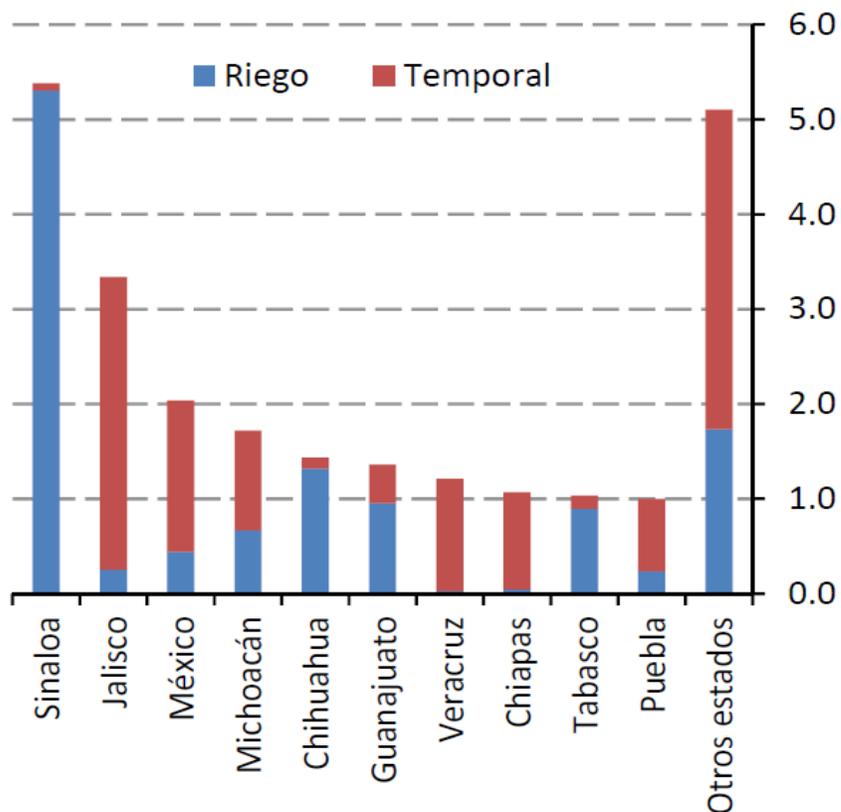


Fuente: SIAP-SAGARPA.

Fuente: FIRA, 2016, p.17.

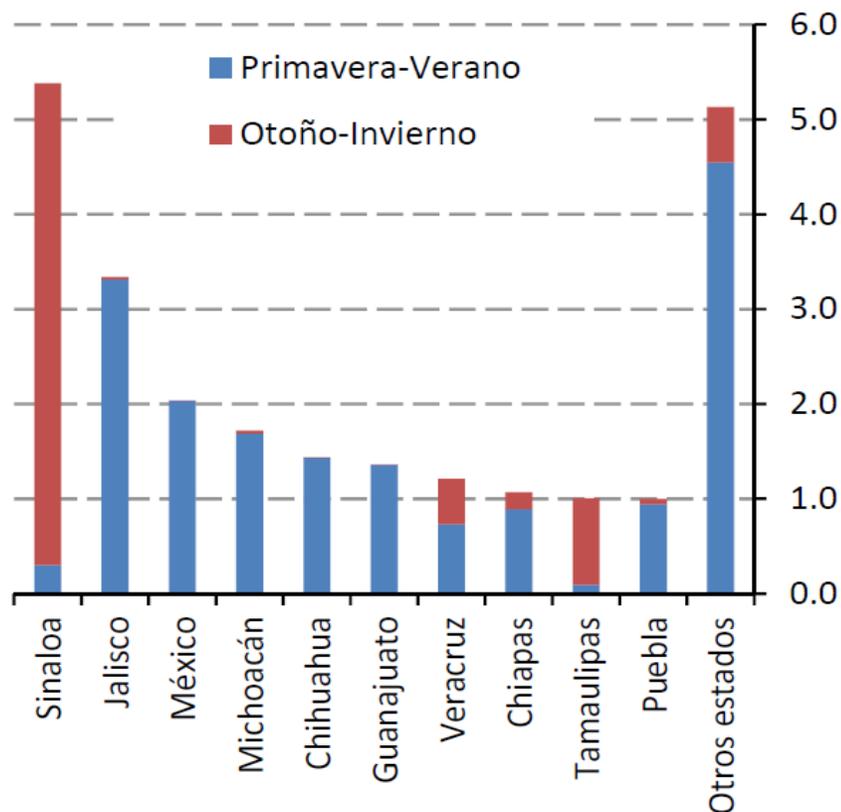
## Principales estados productores de maíz grano en México, 2015 (Millones de toneladas)

a) Por modalidad hídrica



Fuente: SIAP-SAGARPA.

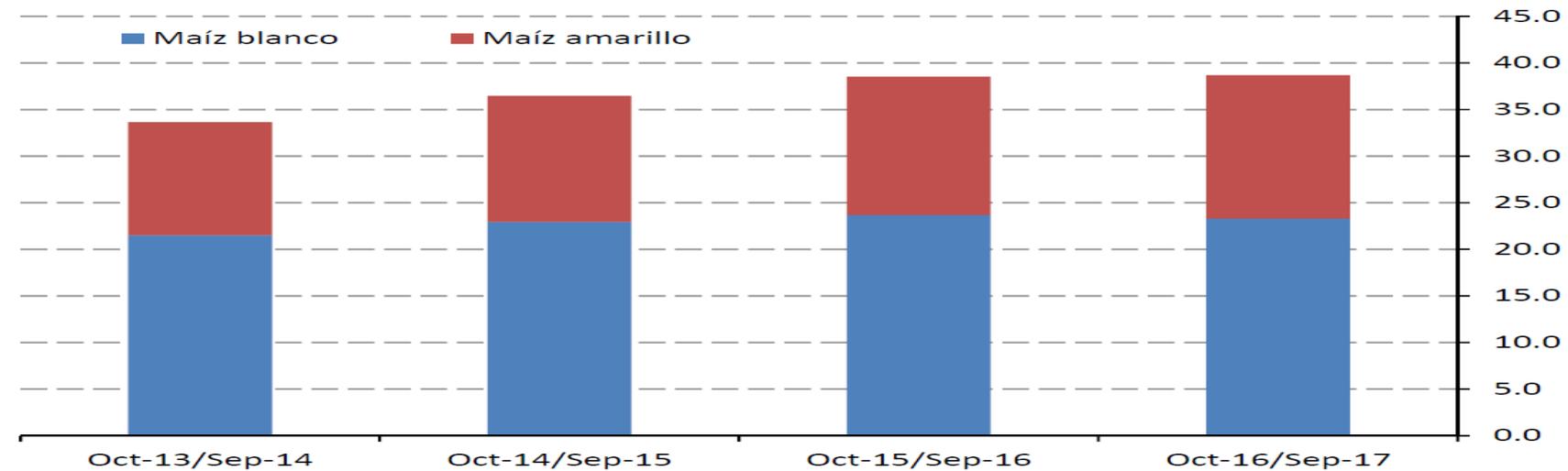
b) Por ciclo agrícola



Fuente: SIAP-SAGARPA.

Fuente: FIRA, 2016, p.19.

### Consumo de maíz grano en México, 2014 – 2017 (Millones de toneladas)

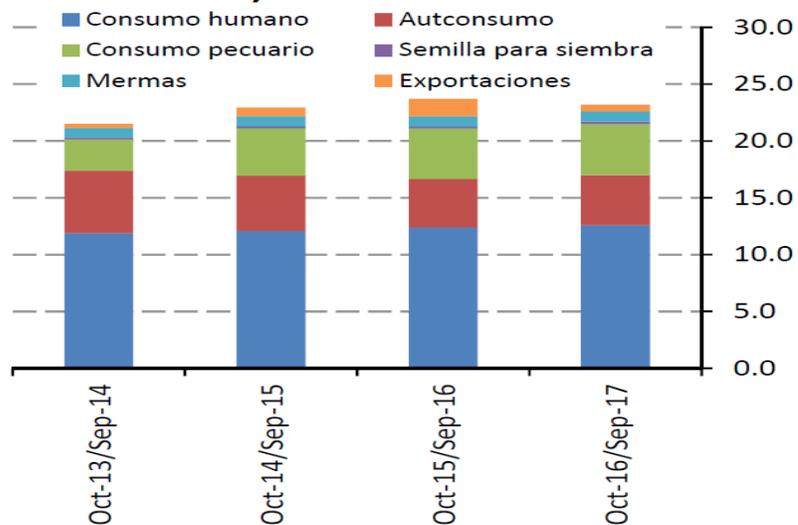


Fuente: Números del campo.

Fuente: FIRA, 2016, p.23.

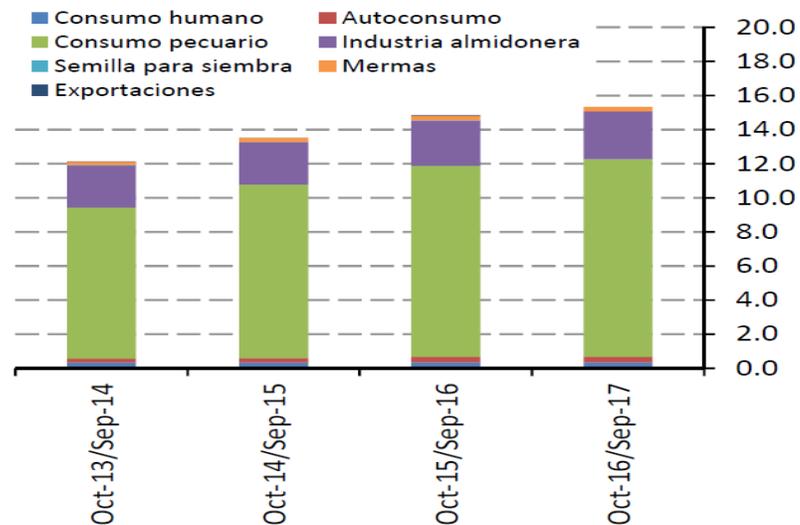
### Consumo de maíz grano en México por tipo, 2014 – 2017 (Millones de toneladas)

#### a) Maíz blanco



Fuente: Números del campo.

#### b) Maíz amarillo



Fuente: Números del campo.

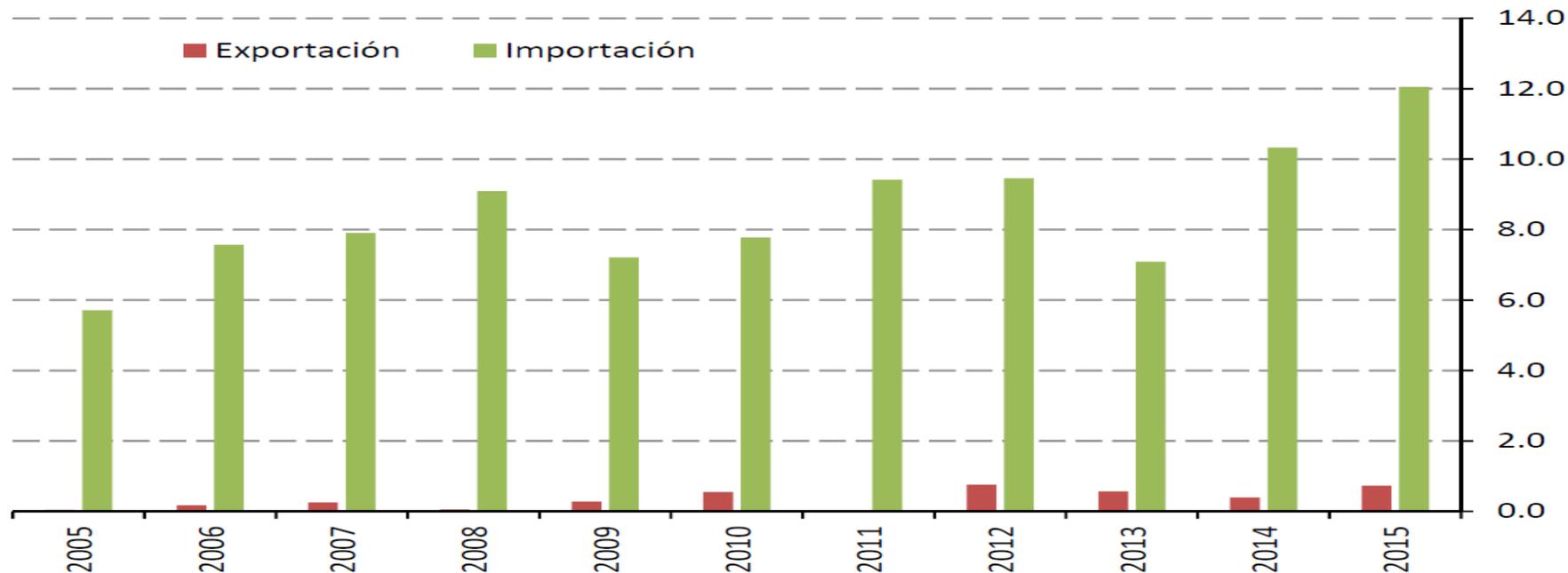
Fuente: FIRA, 2016, p.24.

## Intercambio comercial

La balanza comercial de maíz de México es deficitaria, durante 2015 presentó un saldo negativo de 11.3 millones de toneladas, consecuencia de exportaciones por 0.73 millones de toneladas e importaciones por 12.35 millones de toneladas.

Las importaciones de maíz en nuestro país presentan una tasa media de crecimiento anual de 7.8 por ciento entre los años 2006 y 2015, para ubicarse en este último en un volumen de 12.05 millones de toneladas, el nivel más alto de la historia.

**Balanza comercial de maíz en México, 2005-2015**  
(Millones de toneladas)



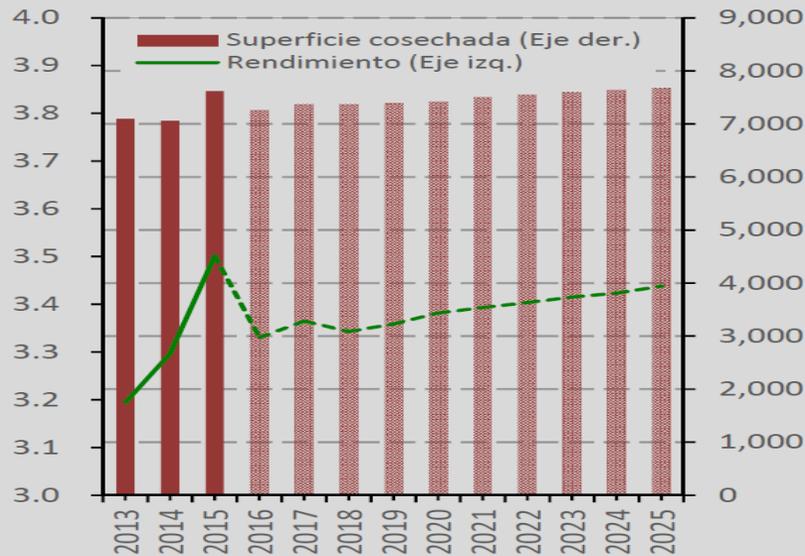
Fuente: SIAVI-Secretaría de Economía.

Fuente: FIRA, 2016, p.25.

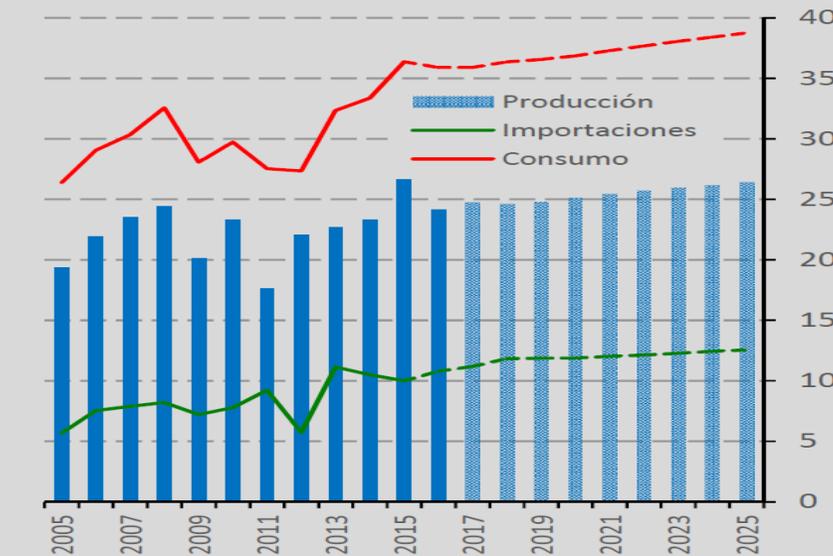
Para México, de acuerdo con el reporte Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO 2016-2025, se proyecta que la superficie cosechada de maíz crezca a una tasa promedio anual de 0.6 por ciento en ese período. Así, se ubicaría en 7.68 millones de hectáreas en 2025, es decir, 3.0 por ciento mayor al promedio de 2013-2015. En tanto, los rendimientos crecerían a una tasa promedio anual de 0.4 por ciento.

Se prevé que la producción nacional crezca a una tasa promedio anual del 1.0 por ciento, mientras que el consumo lo haga a una tasa promedio anual del 0.9 por ciento. Así, hacia 2025, la producción y el consumo nacional de maíz se ubicarían en 26.41 y 38.75 millones de toneladas, respectivamente.

**Superficie y rendimiento**  
(Miles de hectáreas y toneladas por hectárea)



**Proyecciones para el mercado mexicano de trigo**  
(Millones de toneladas)



Fuente: FIRA, 2016, p.18.

# El maíz en México



Superficie **8.5 Mha de cultivo** representando más del 30% de la frontera agrícola nacional



Nutrición **30% de la proteína y 40% de la energía** en la dieta de los mexicanos



Mayor número de variedades nativas: **centro de origen y salvaguarda de la biodiversidad del maíz**



**1er. consumidor mundial de maíz para alimentación humana en el mundo**



**Principal centro de desarrollo tecnológico** y mejoramiento genético de variedades de maíz



**2do. importador** de maíz después de Japón



**Tradición y cultura:** principal fuente de alimento y medio de vida de la población

Plan estratégico 2030. CIMMYT 2019.

# Rendimiento del maíz grano en México



En México, los principales cultivos bajo la modalidad de riego registran un rendimiento (toneladas/ha) “de 1.9 a 3.4 veces mayor que el de los cultivos de temporal” [Comisión Nacional del Agua (Conagua), Estadísticas del Agua en México (EAM), 2018: 107].

# Superficie sembrada en México



De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADR), el número de hectáreas (ha) sembradas de 2006 hasta 2017, tanto de riego como de temporal, ha oscilado entre 21.4 y 21.6 millones (SIAP, 2017).

# Superficie cultiva en riego y en temporal en México

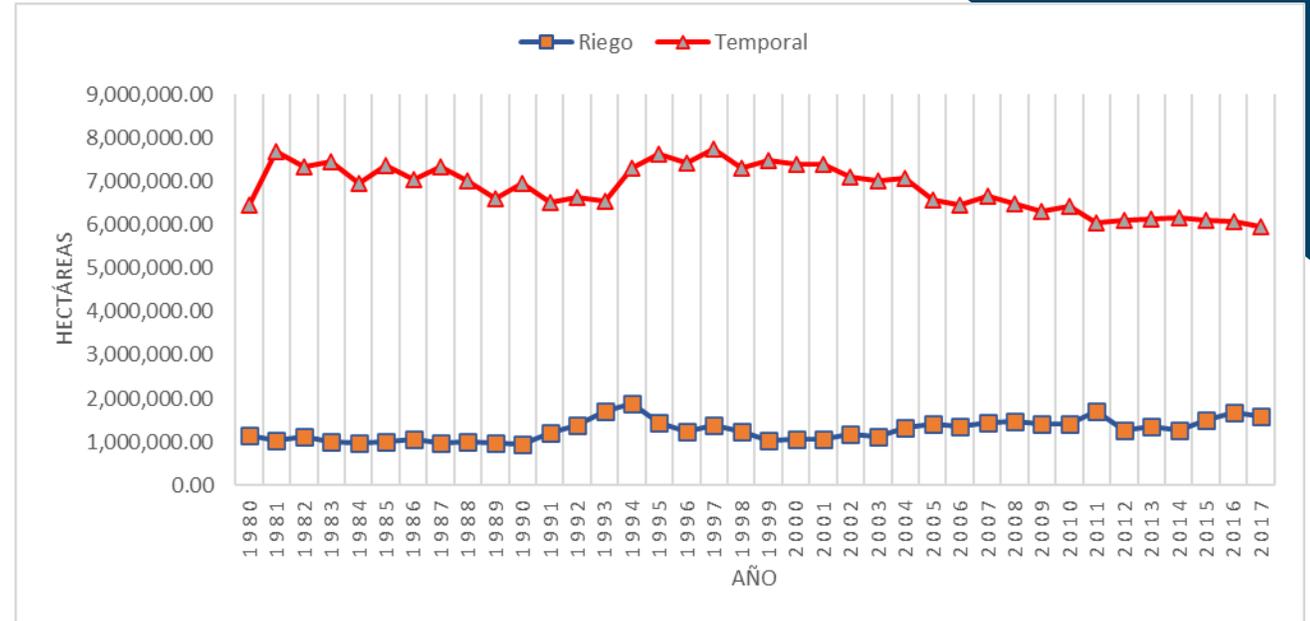


- Del total de ha sembradas en el año 2017, 6.5 millones fueron de riego; de las cuales 3.3 millones pertenecen a 86 distritos de riego (DR), y los otros 3.2 millones corresponden a 40 mil unidades de riego (Conagua-EAM, 2018: 106).
- El número de hectáreas de temporal sembradas en el año 2017 ascendió a cerca de 15.1 millones (SIAP).

# Hectáreas sembradas con maíz grano por modalidad



Periodo	Riego	Temporal
2017	1,596,855	5,944,087
Promedio, 1980-2017	1,275,023	6,842,947
Desviación estándar	245,572	535,103
Coefficiente de variación	19.26	7.82



# Insumos-Producción

- En la práctica y cotidianidad, y desde la perspectiva de la teoría de la producción, es pertinente esperar un mayor rendimiento cuando se incrementa el número de insumos. Así, cuando se construye la infraestructura para riego en las zonas áridas y semiáridas de México –las cuales no son de temporal, sino zonas desérticas– la expectativa de un mayor rendimiento está soportada por la teoría de la producción. Pero los procesos productivos con sistemas de riego y antes de dichos sistemas ya no son comparables, por lo apuntado líneas arriba, referente a la cantidad de insumos utilizados.

# Comparabilidad

- Formalmente, el conjunto de cantidades necesarias de factores  $[V(y)]$  para la producción en las zonas áridas con infraestructura para riego puede representarse como:  $V(y) = \{x \text{ en } R_+^n : (y, -x) \in Y\}$  y, para las mismas zonas antes de la instalación de dicha infraestructura para riego como:  $V(y^1) = \{x \text{ en } R_+^{n-1} : (y^1, -x^1) \in Y\}$  En donde, de acuerdo con Varian (1992: 4-6),  $x$  es un vector de factores que pueden producir  $y$  unidades, y ambos están contenidos en el conjunto de posibilidades de producción ( $Y$ ). De aquí se desprende que si  $x \neq x^1$ , tal que  $x > x^1$ , se espere  $y > y^1$ . Expectativa factible, pero no extrapolable a la producción de temporal propiamente dicho.

# Año agrícola y maíz grano



- El año agrícola comprende del primero de octubre al último día de septiembre del año siguiente, y conjunta los ciclos otoño-invierno y primavera-verano (Conagua, 2018: 107).
- El dato estadístico maíz grano incluye al maíz grano amarillo; azul; azul orgánico; blanco; de color; orgánico; pozolero, y sin clasificar (SIAP).

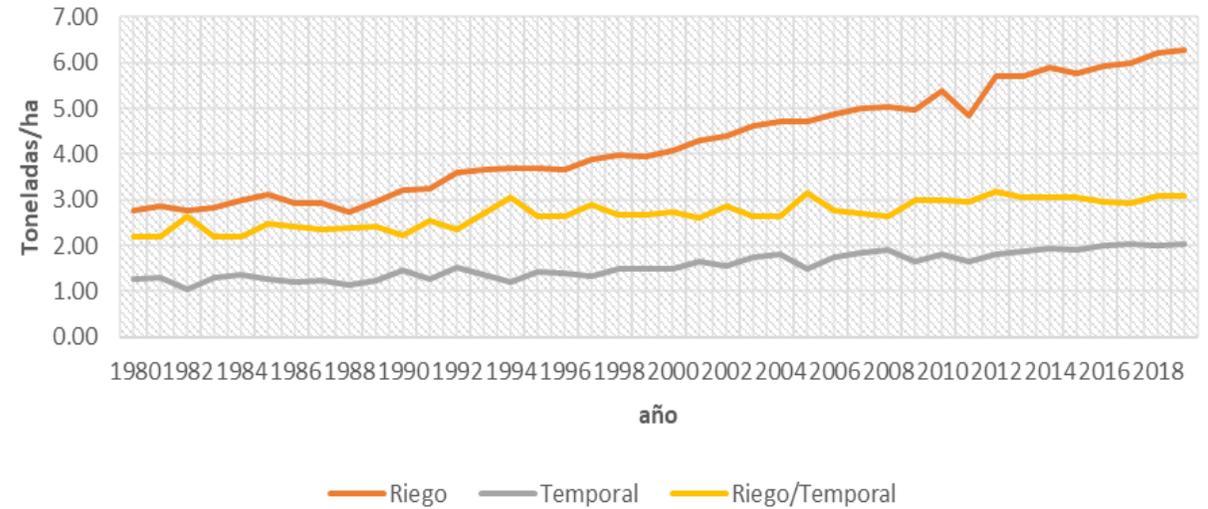
# Método



- El método utilizado para comparar el rendimiento de maíz grano bajo la modalidad de riego respecto del de temporal fue el análisis de varianza, el cual fue estimado o calculado con el programa Excel.
- Se consideraron los principios estadísticos requeridos para el análisis de varianza, los cuales son:
  1. Las muestras son independientes y aleatorias;
  2. Las muestras deben provenir de poblaciones normales, y
  3. Las poblaciones deben tener varianzas iguales (Wackerly, et al., 2002: 635; Anderson, D., et.al., 2008: 446-447).

# Rendimiento del maíz grano en las modalidades de riego y de temporal, y la comparación anual del rendimiento bajo riego vs temporal, al nivel nacional.

Año	Riego	Temporal	Riego/Temporal	Año	Riego	Temporal	Riego/Temporal
1980	2.77	1.26	2.19	2000	4.09	1.49	2.74
1981	2.85	1.30	2.19	2001	4.28	1.64	2.61
1982	2.76	1.05	2.62	2002	4.39	1.54	2.85
1983	2.84	1.30	2.18	2003	4.62	1.75	2.64
1984	3.00	1.37	2.19	2004	4.71	1.79	2.63
1985	3.11	1.26	2.47	2005	4.72	1.50	3.14
1986	2.91	1.20	2.43	2006	4.86	1.75	2.78
1987	2.92	1.24	2.36	2007	4.99	1.84	2.72
1988	2.73	1.14	2.39	2008	5.04	1.92	2.63
1989	2.96	1.24	2.40	2009	4.96	1.66	3.00
1990	3.20	1.45	2.21	2010	5.40	1.81	2.98
1991	3.24	1.28	2.53	2011	4.86	1.64	2.96
1992	3.58	1.53	2.34	2012	5.70	1.80	3.17
1993	3.67	1.36	2.70	2013	5.71	1.87	3.05
1994	3.70	1.21	3.05	2014	5.91	1.94	3.04
1995	3.71	1.41	2.63	2015	5.77	1.90	3.04
1996	3.64	1.38	2.63	2016	5.93	2.01	2.94
1997	3.89	1.34	2.90	2017	6.00	2.04	2.94
1998	3.97	1.48	2.67	2018	6.20	2.01	3.09
1999	3.94	1.48	2.67	2019	6.27	2.03	3.09



## Prueba F para varianzas de dos muestras.

	Riego	Temporal
Promedio	4.24	1.56
Varianza	1.29	0.08
Observaciones	40	40
Grados de libertad	39	39
F	<b>15.78</b>	
P(F<=f) una cola	<b>0.00</b>	
Valor crítico para F (una cola)	<b>1.70</b>	

## Consumo de agua en la producción agrícola

- $Q_r$  = lámina neta + lámina de lluvia
- En tanto que para el temporal (Q) es:
- $Q_t$  = lamina de lluvia

# Tasa media de crecimiento promedio anual del rendimiento de la maíz grano en riego y en temporal, 1980-2019

- La tasa de crecimiento promedio anual durante el periodo 1980-2019 del rendimiento del maíz grano bajo riego fue de 2.23%; la de temporal, 1.73%, y la relación rendimiento riego vs temporal, 1.24%.

## Rendimiento promedio durante el periodo 1980-2019 del maíz grano bajo riego; la tasa media de crecimiento anual, y el coeficiente de variación.

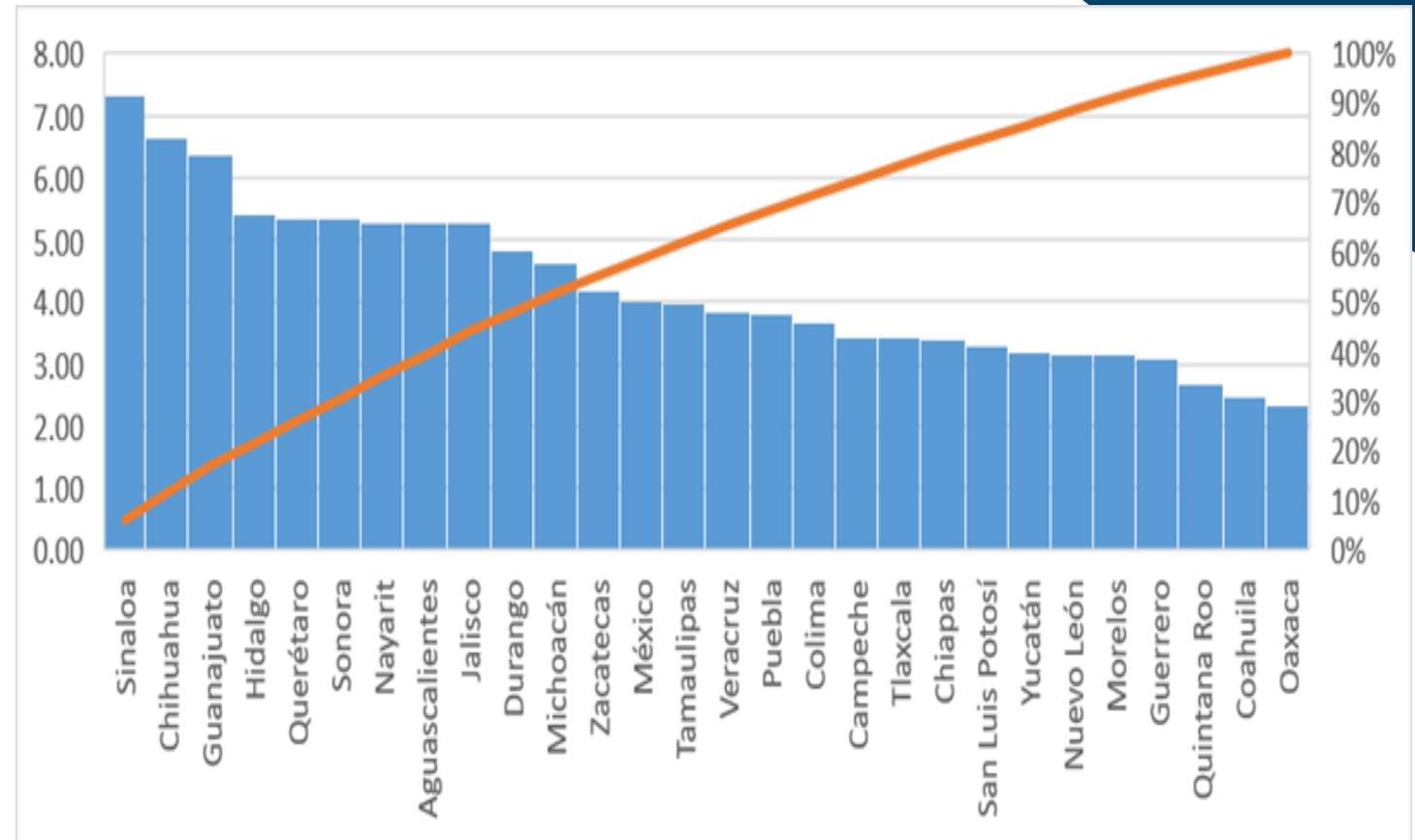
Estados	Promedio	TMCA	CV
Aguascalientes	5.29	3.77	32.57
Campeche	3.44	3.09	29.19
Chiapas	3.41	2.83	18.78
Chihuahua	6.65	5.06	44.41
Coahuila	2.47	3.30	24.67
Colima	3.67	2.53	25.85
Durango	4.83	3.54	39.84
Guanajuato	6.37	2.53	30.14
Guerrero	3.10	1.36	16.74
Hidalgo	5.40	2.83	32.95
Jalisco	5.26	3.16	33.47
México	4.02	3.34	20.41
Michoacán	4.62	3.51	35.07

## Rendimiento promedio durante el periodo 1980-2019 del maíz grano bajo riego; la tasa media de crecimiento anual, y el coeficiente de variación.

<b>Morelos</b>	<b>3.15</b>	<b>1.05</b>	<b>16.66</b>
<b>Nayarit</b>	5.29	3.54	31.11
<b>Nuevo León</b>	3.17	4.33	36.06
<b>Oaxaca</b>	2.34	1.85	10.31
<b>Puebla</b>	3.80	1.44	16.26
<b>Querétaro</b>	5.35	4.09	39.34
<b>Quintana Roo</b>	2.66	9.33	39.13
<b>San Luis Potosí</b>	3.28	1.87	13.14
<b>Sinaloa</b>	7.32	5.84	42.09
<b>Sonora</b>	5.35	4.53	36.26
<b>Tamaulipas</b>	3.96	4.13	32.90
<b>Tlaxcala</b>	3.42	4.38	22.26
<b>Veracruz</b>	3.85	1.59	20.94
<b>Yucatán</b>	3.19	3.99	20.92
<b>Zacatecas</b>	4.18	5.27	33.49

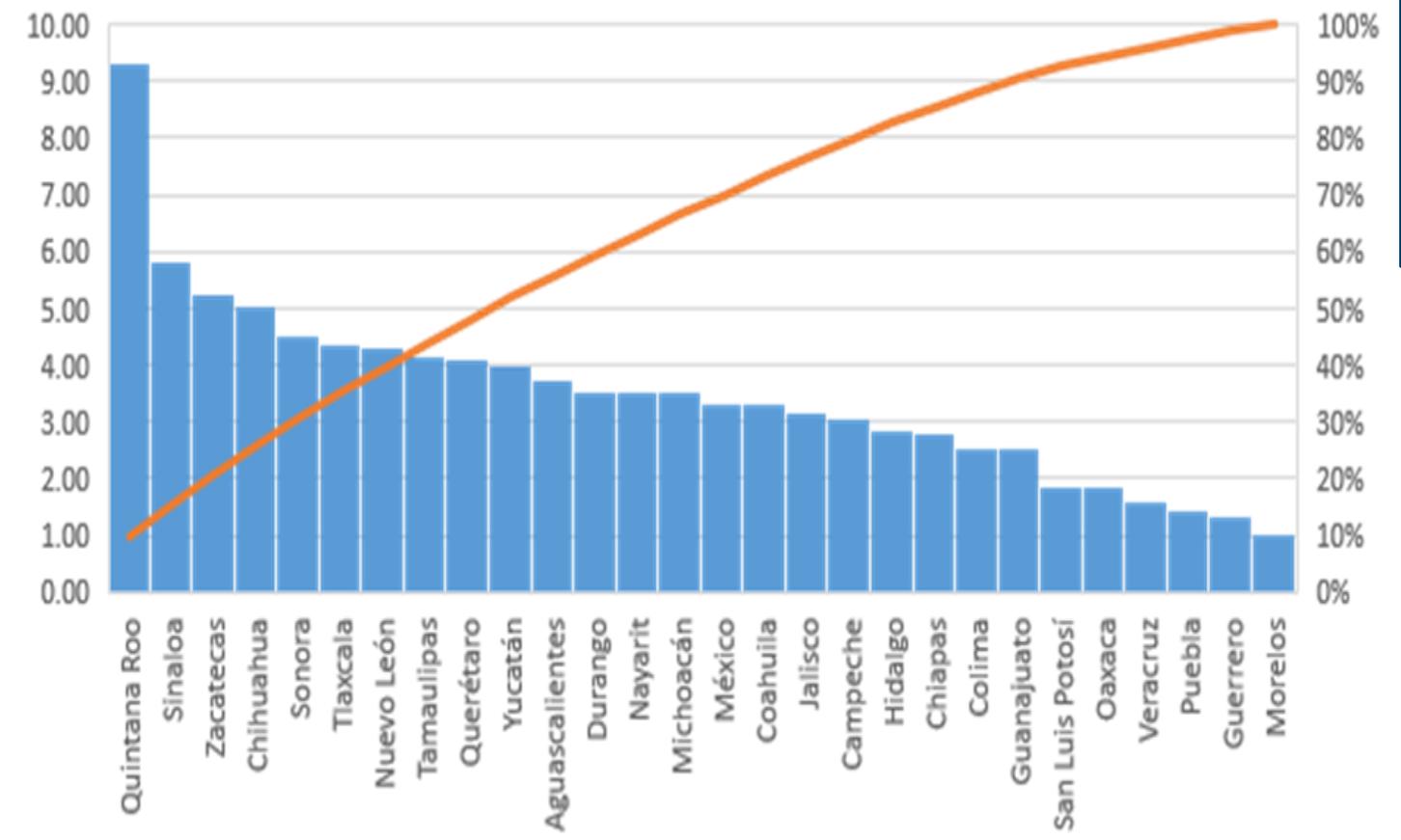
## Promedio del rendimiento del maíz grado bajo riego durante el periodo 1980-2019, por estado.

- Se observar que el promedio más alto del rendimiento del maíz grado bajo riego durante el periodo 1980-2019 lo registró el estado de Sinaloa; el más bajo, el estado de Oaxaca. El rendimiento en Sinaloa fue 312.82% superior al de Oaxaca.



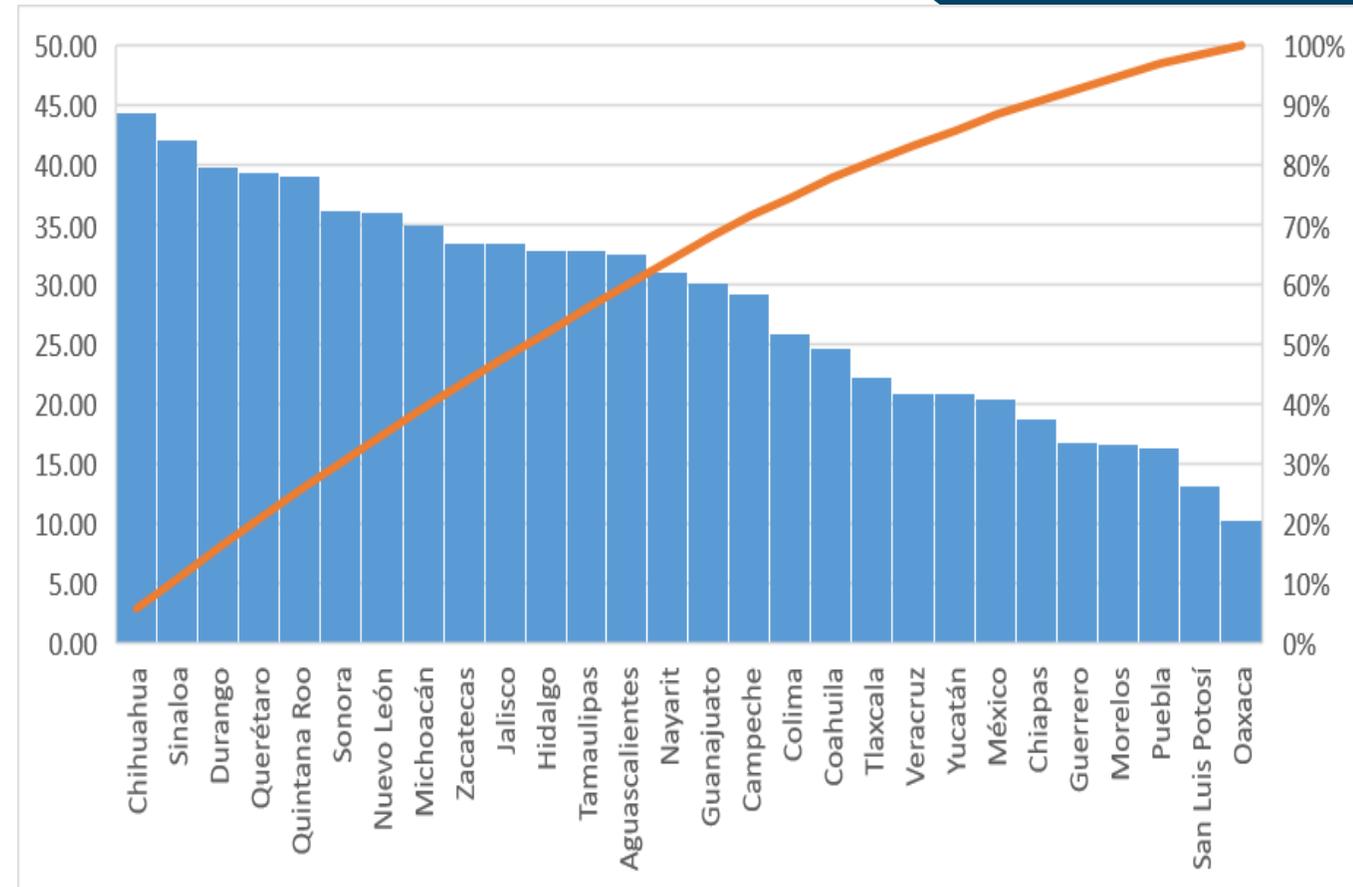
# TMCA, 1980-2019, maíz grano, riego.

- En la ilustración se presenta la TMCA del maíz grano bajo riego durante el periodo 1980-2019, por estado. Cabe destacar que Quintana Roo registró la TMCA más alta y fue superior en 48.55% a la registrada por Sinaloa. Por su parte, el estado de Morelos registró la menor TMCA.



# Coeficiente de variación del rendimiento promedio del maíz grano bajo riego durante el periodo 1980-2019, por estado.

- Los estados que tuvieron el promedio de rendimiento más alto al igual que la TMCA del maíz grano bajo riego, también registraron el mayor coeficiente de variación, tal y como se puede observar en la ilustración.



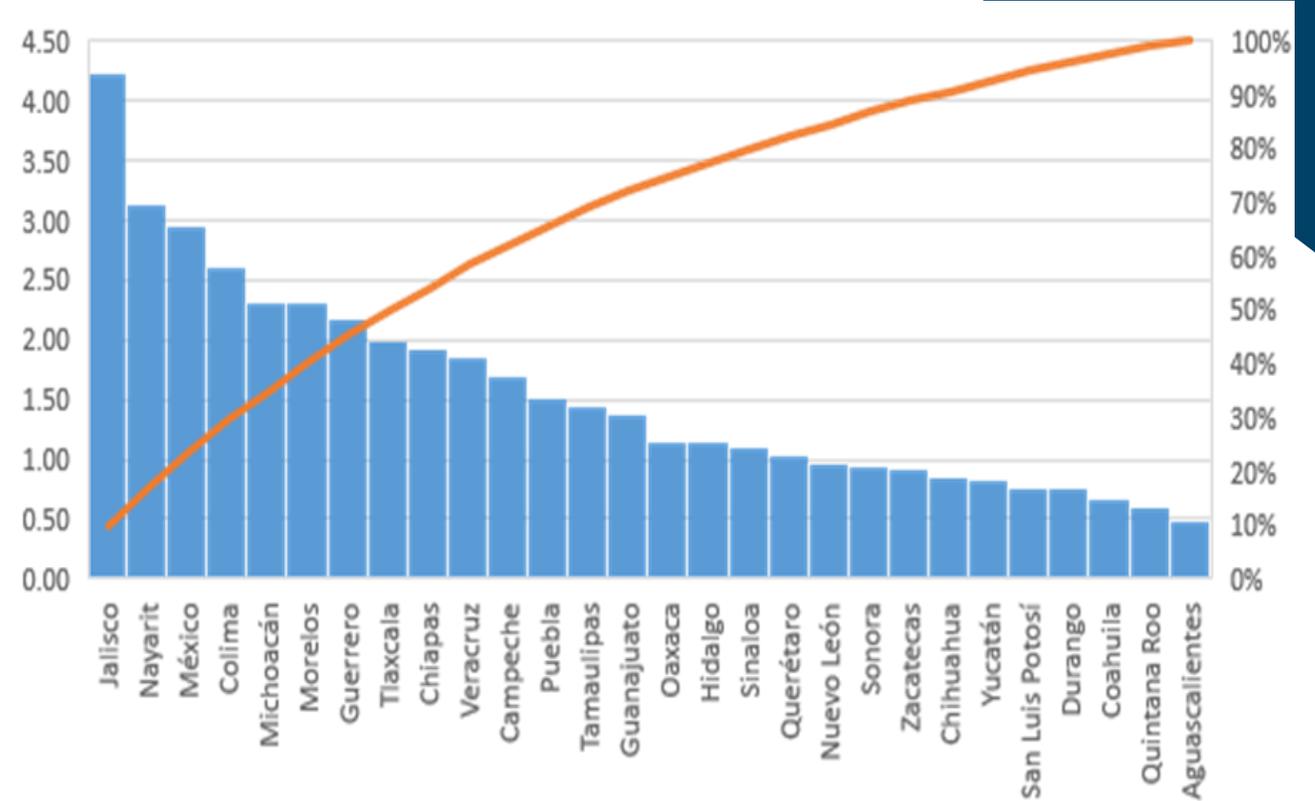
# Rendimiento promedio durante el periodo 1980-2019 del maíz grano de temporal; la tasa media de crecimiento anual, y el coeficiente de variación.

Estado	Promedio	TMCA	CV
Aguascalientes	0.48	12.08	35.34
Campeche	1.69	8.79	36.72
Chiapas	1.92	0.64	15.00
Chihuahua	0.86	17.02	27.67
Coahuila	0.66	7.06	25.13
Colima	2.61	3.21	26.48
Durango	0.76	7.24	29.20
Guanajuato	1.39	12.33	35.35
Guerrero	2.18	2.62	23.05
Hidalgo	1.15	3.15	18.18
Jalisco	4.22	3.19	33.36

México	2.96	4.04	21.49
Michoacán	2.32	4.09	27.72
Morelos	2.31	9.01	40.04
Nayarit	3.13	2.43	21.78
Nuevo León	0.96	6.54	38.35
Oaxaca	1.15	1.05	10.81
Puebla	1.53	2.61	18.13
Querétaro	1.03	18.04	41.97
Quintana Roo	0.61	6.49	27.39
San Luis Potosí	0.76	2.21	19.24
Sinaloa	1.11	7.52	46.22
Sonora	0.96	16.09	38.88
Tamaulipas	1.44	6.05	29.96
Tlaxcala	1.99	5.25	25.66
Veracruz	1.86	1.26	14.12
Yucatán	0.82	4.12	24.13
Zacatecas	0.91	7.29	36.19

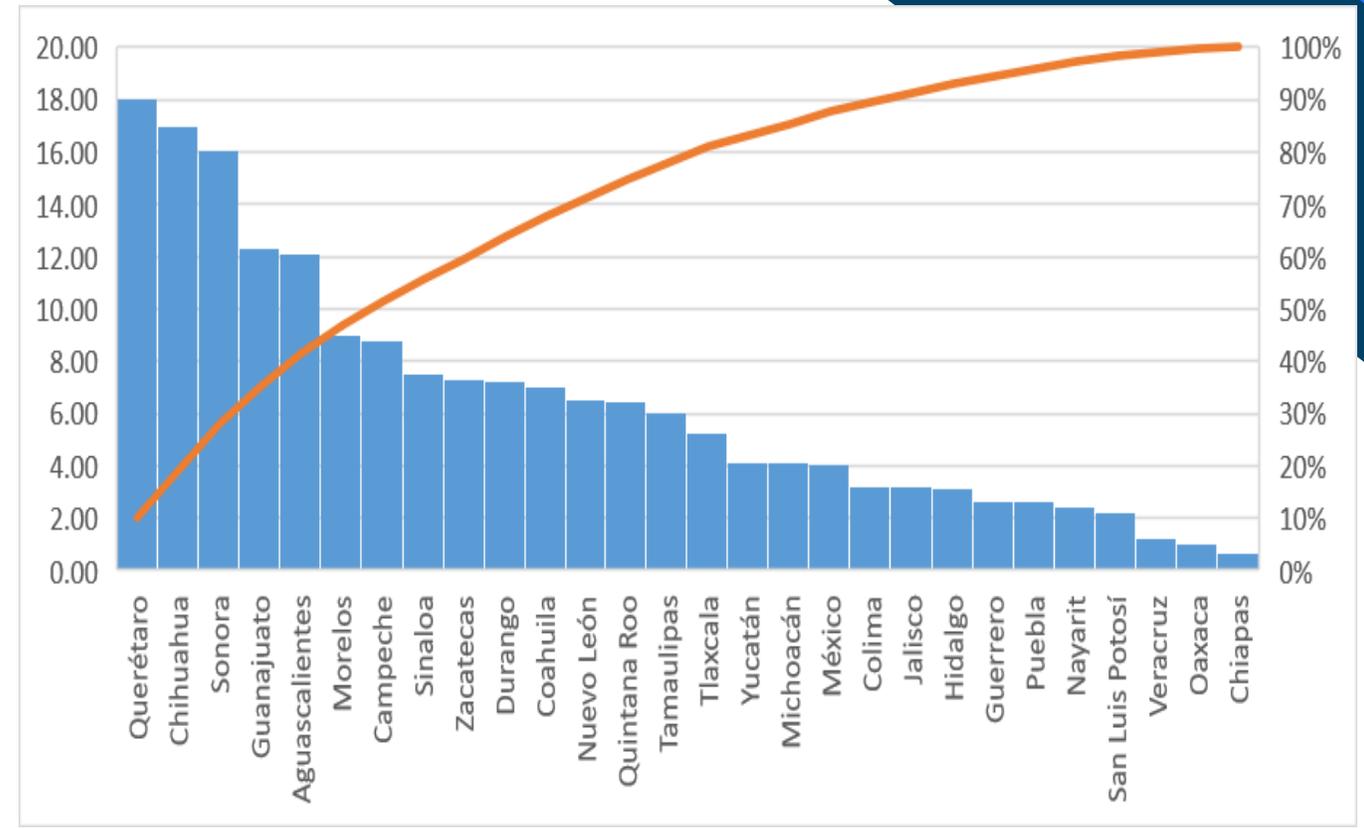
# Promedio del rendimiento de maíz grano de temporal, 1980-2019

- En la ilustración se puede observar que el promedio más alto del rendimiento del maíz grado de temporal durante el periodo 1980-2019 lo registró el estado de Jalisco; el más bajo, el estado de Aguascalientes, y la superioridad del rendimiento en Jalisco fue de 879.17% respecto de lo obtenido en Aguascalientes.



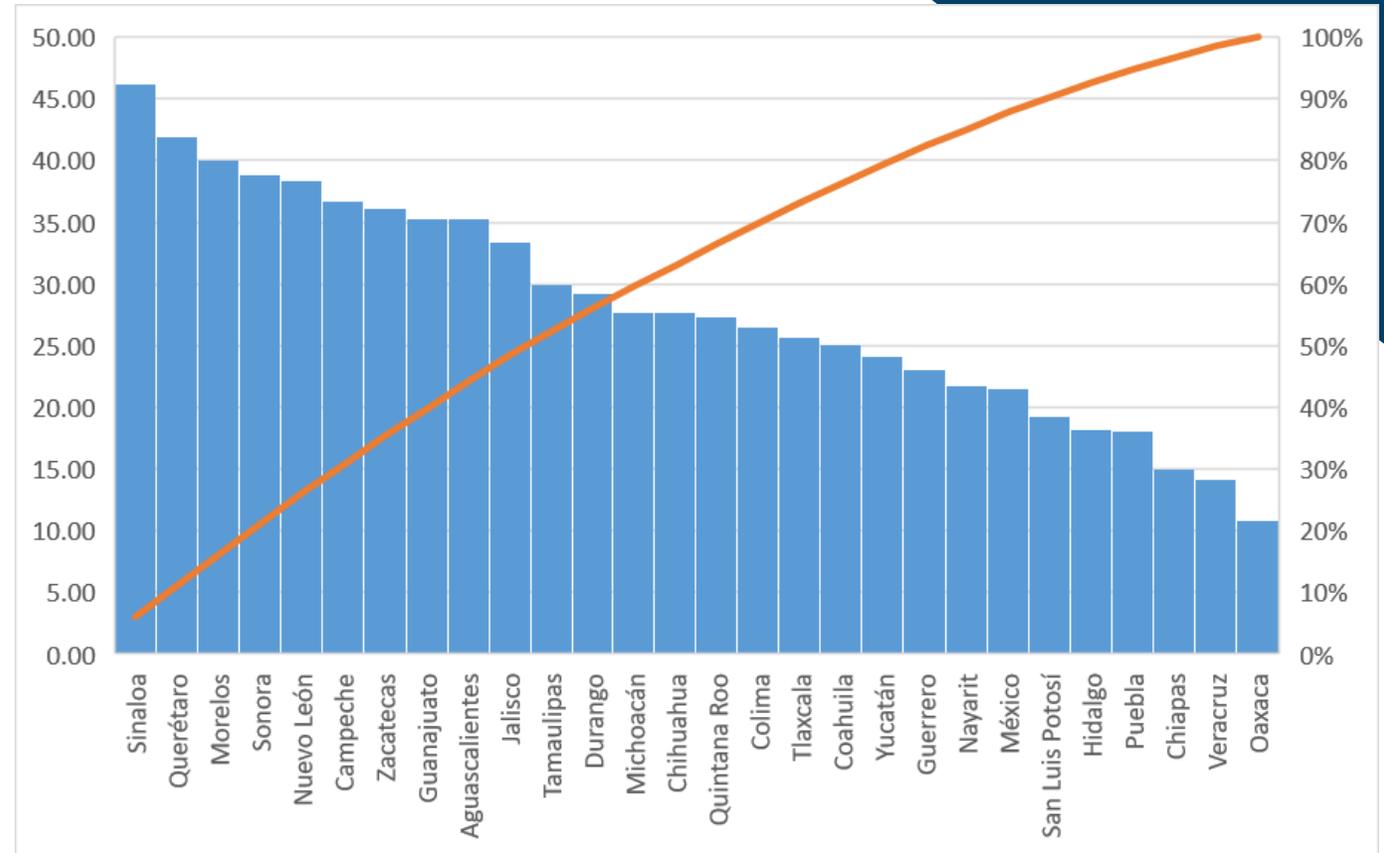
# TMCA del maíz grano de temporal durante el periodo 1980-2019, por estado

- En la ilustración se presenta la TMCA del maíz grano de temporal durante el periodo 1980-2019, por estado. Cabe destacar que Querétaro registró la TMCA más alta, y Chiapas la más baja.



# Coeficiente de variación del rendimiento de maíz grano de temporal por estado, 1980-2019

- Los estados que tuvieron la más baja TMCA del maíz grano de temporal, también registraron el menor coeficiente de variación durante el periodo analizado, tal y como se puede observar en la ilustración



## Rendimiento promedio durante el periodo 1980-2019 del maíz grano bajo riego, el de temporal y el cociente de riego/temporal

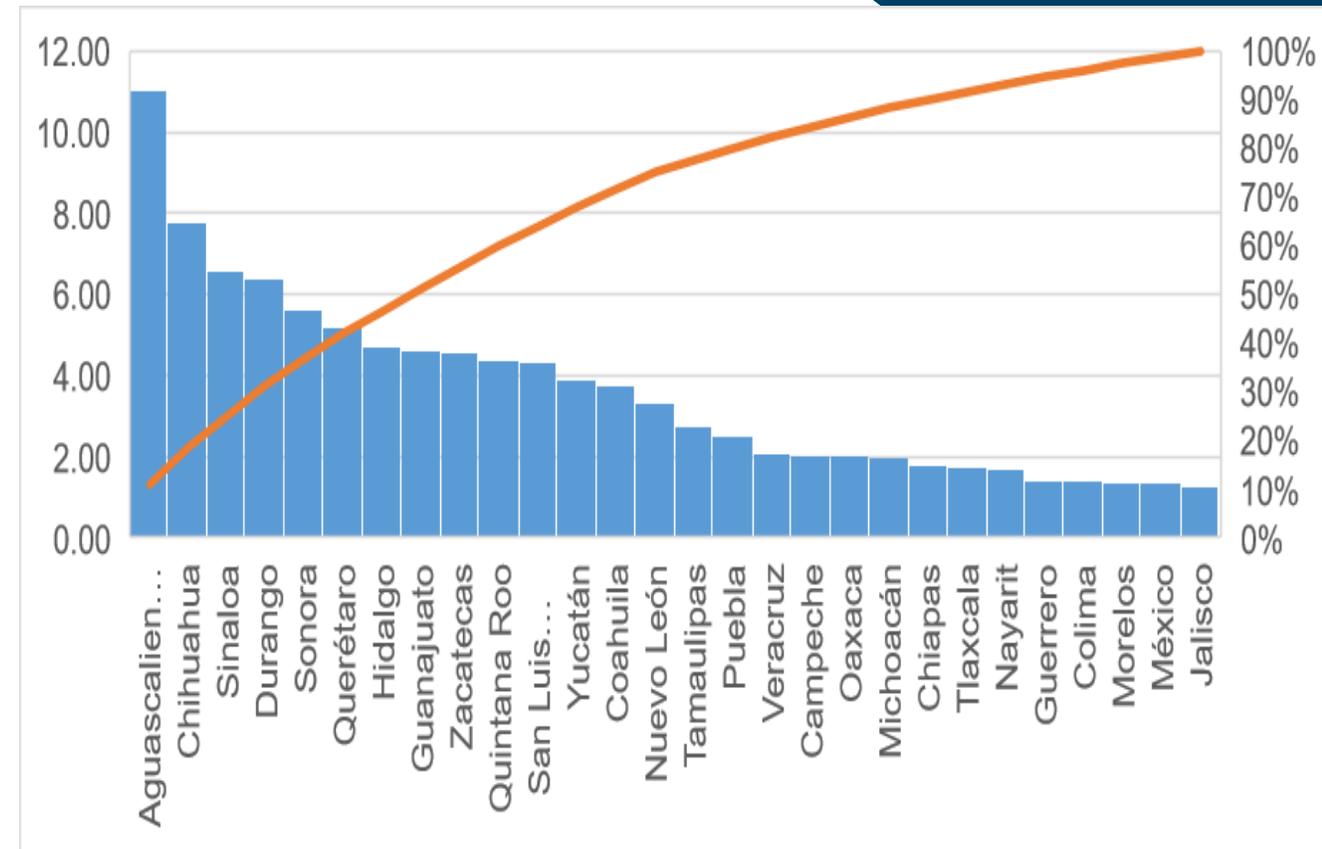
Estados	Riego Promedio	Temporal Promedio	Riego/Temporal Promedio
Aguascalientes	5.29	0.48	11.02
Campeche	3.44	1.69	2.03
Chiapas	3.41	1.92	1.78
Chihuahua	6.65	0.86	7.76
Coahuila	2.47	0.66	3.74
Colima	3.67	2.61	1.41
Durango	4.83	0.76	6.39
Guanajuato	6.37	1.39	4.60
Guerrero	3.10	2.18	1.42
Hidalgo	5.40	1.15	4.71
Jalisco	5.26	4.22	1.25
México	4.02	2.96	1.36
Michoacán	4.62	2.32	1.99
Morelos	3.15	2.31	1.36

Nayarit	5.29	3.13	1.69
Nuevo León	3.17	0.96	3.31
Oaxaca	2.34	1.15	2.03
Puebla	3.80	1.53	2.49
Querétaro	5.35	1.03	5.18
Quintana Roo	2.66	0.61	4.38
San Luis Potosí	3.28	0.76	4.31
Sinaloa	7.32	1.11	6.58
Sonora	5.35	0.96	5.60
Tamaulipas	3.96	1.44	2.75
Tlaxcala	3.42	1.99	1.72
Veracruz	3.85	1.86	2.07
Yucatán	3.19	0.82	3.90
Zacatecas	4.18	0.91	4.58

- En la tabla anterior se puede observar la superioridad del rendimiento del maíz grano bajo riego respecto del obtenido en temporal por estado, y aunque no son comparables, la columna tres proporciona una visión menos distorsionada de dicha superioridad, porque permite comparar el rendimiento del maíz grano obtenido en condiciones de riego con el de temporal en el mismo estado, y no dichos rendimientos al nivel nacional sin considerar las grandes diferencias climáticas y edafológicas entre los estados. Además, queda de manifiesto la alta dependencia de los sistemas de riego en los estados cuyo rendimiento es superior al obtenido en temporal. En suma, si dichos estados no contaran con sistemas de riego su rendimiento sería similar al que obtienen en temporal.

## Cociente del rendimiento del maíz grano obtenido bajo riego respecto del obtenido en la modalidad de temporal, promedio del periodo 1980-2019, por estado.

- De acuerdo con la prueba F realizada para cada uno de los estados considerados, se confirma que el rendimiento del maíz grano bajo la modalidad de riego es igual al de temporal en los estados de **Guerrero, Jalisco y México**; en el resto de los estados el de riego sí es superior al de temporal. Aunque cabe destacar que los estados cuyo clima es árido y semiárido dicha superioridad del rendimiento del maíz grano bajo riego respecto del de temporal va desde cuatro hasta onces veces, lo cual refleja la alta dependencia de los sistemas de irrigación para poder llevar al cabo el proceso productivo.



# Conclusiones



- El rendimiento del maíz grano bajo riego es igual al de temporal en los estados de Jalisco, México y Guerrero.
- El rendimiento del maíz grano bajo riego en Aguascalientes es superior en 11 veces al de temporal; en Chihuahua, 7.76 veces; en Sinaloa y Durango, poco más de 6 veces.
- El rendimiento del maíz grano bajo riego en Sonora, Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, Zacatecas, Quintana Roo y San Luis Potosí es superior entre 5.6 y 4.3 veces al de temporal.
- En el resto de los estados el rendimiento del maíz grano de riego apenas supera al de temporal entre 1.3 y 3.1 veces.
- En suma, la superioridad del rendimiento de la producción de maíz grano respecto de la producción de temporal por estado revela la importancia del agua para riego en la producción de maíz grano.



# Muchas gracias

**Dr. José Luis Montesillo-Cedillo**

Jefe del departamento de investigación y estudios avanzados. CIME-UAEMEX

jlmonte@prodigy.net.mx



## Para citar esta presentación:

Montesillo-Cedillo, JL. 2020. **Análisis retrospectivo de la producción agrícola de maíz grano en México bajo riego y temporal, 1980-2019.** Serie de Seminarios Virtuales 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMEII). México. 41 pp.

Consulta el portal del COMEII y sus redes sociales:  
[www.comeii.com](http://www.comeii.com) y [www.riego.mx](http://www.riego.mx)

Distribución de la superficie agrícola en 2017 por entidad federativa (en porcentaje)

