

## Diferencias regionales en la producción de maíz blanco de temporal en México

---

Jorge Luis González-Cruz<sup>1,§</sup>  
Juan Manuel Torres-Rojo<sup>2</sup>

1 Centro para el Aprendizaje en Evaluación y Resultados para América Latina y el Caribe-Centro de Investigación y Docencia Económicas, México.

2 Centro Transdisciplinar Universitario para la Sustentabilidad-Universidad Iberoamericana. Ciudad de México, México.

**Autor para correspondencia:** [juan.torres@ibero.mx](mailto:juan.torres@ibero.mx).

---

### Resumen

Esta investigación tiene por objetivo identificar la forma funcional que mejor representa la producción de maíz blanco de temporal en México. Se probaron dos variantes de la función de elasticidad de sustitución constante y la función Cobb-Douglas usando una muestra de corte transversal de 10 924 productores de maíz obtenida del 'cuestionario para levantar la línea de base 2008: programas de la SAGARPA'. El análisis se realizó a nivel nacional y regional utilizando catorce factores de producción. Los resultados muestran que el modelo Cobb-Douglas proporciona mejores ajustes y con estimadores consistentes con principios teóricos. De igual forma, se muestra que el uso y efecto que tiene cada factor de producción en el rendimiento de maíz blanco de temporal es distinto entre las regiones del país, por lo que se evidenció que las acciones de política pública deben diferenciarse con base en las necesidades y particularidades de cada región. También se presenta un análisis del efecto de cada insumo a nivel regional y una discusión de los posibles efectos de algunos programas de apoyo al sector agrícola centrados en un insumo en particular.

### Palabras clave:

función Cobb-Douglas, política agrícola, producción de maíz blanco.

---



## Introducción

El maíz blanco en México se cultiva primordialmente en el ciclo agrícola primavera verano (PV), en el que logra hasta 74.5% de la tierra cultivable y casi 86% de la producción nacional (FIRA, 2016). Este ciclo productivo se caracteriza por una alta proporción de productores que usan sistemas de producción tradicionales y poco eficientes, concentrados en unidades productivas pequeñas, con bajas dotaciones de activos productivos, un significativo rezago tecnológico, limitada organización y alta vulnerabilidad climática (Yúnez, 2014).

Estos factores exacerban las deficiencias de los sistemas de producción tradicional, reducen la posibilidad de formar economías de escala y alcance, además de que contribuyen a un deterioro ambiental (CONEVAL, 2015). Aunado a ello, existen importantes diferencias en las condiciones productivas de los agricultores en las distintas regiones del país que producen maíz blanco de temporal. Por ejemplo, en las regiones del norte, bajo sistemas mecanizados y con riego, el rendimiento llega a ser de tres a cinco veces superior al promedio nacional y casi 12 veces mayor que el de productores que usan sistemas tradicionales.

En contraste, en el centro y sur del país, 67% de los productores trabajan en terrenos de temporal, sin acceso al crédito, con limitadas capacidades y mayormente para autoconsumo (González-Estrada, 2010). Bajo este contexto resulta relevante un análisis regional sobre el papel que juegan los diferentes factores de producción de maíz blanco de temporal, análisis que comúnmente se realiza en cultivos de relevancia económica o cultural con el uso de funciones de producción.

Las tres formas funcionales más usadas para representar la producción de un cultivo son: 1) Cobb-Douglas (CD), cuya ventaja es que considera las asimetrías tecnológicas entre los diversos agricultores, lo que permite evaluar el uso de insumos de los sistemas productivos (Yúnez, 2014); 2) elasticidad de sustitución constante (CES), función que es menos restrictiva que la CD, aunque ocasionalmente más difícil de estimar (Galarza- Díaz, 2015); y 3) translog, función resultada de una aproximación de segundo orden de una función CES, con la enorme desventaja de que el número de parámetros aumenta exponencialmente al aumentar el número de factores de producción considerados, con los consecuentes problemas de colinealidad en la estimación (Pavelescu, 2011).

La presente investigación tuvo dos objetivos: i) identificar la forma funcional que mejor representa la producción de maíz blanco de temporal en México; y ii) comparar el uso de los insumos y sistemas de producción e identificar los insumos que podrían mejorar los niveles de producción en cada región. Los resultados y lecciones aprendidas de esta investigación son relevantes dado que establecen un marco de referencia para estudiar la producción de este grano en México y destacar las necesidades, deficiencias y competencias en el uso de los principales insumos en cada región del país.

## Materiales y métodos

### Datos

La base de datos (BD) se construyó a partir del 'cuestionario para levantar la línea de base 2008: programas de la SAGARPA' (SAGARPA, 2009). Esta BD contiene información de corte transversal por productor, a nivel nacional y con un marco muestral independiente para cada entidad federativa. La información incluye producción, utilización de insumos, características de producción, costos, capacidad productiva y beneficios públicos de los productores agrícolas, pecuarios y acuícolas de México en el año 2008. Detalles metodológicos y características de la BD se muestran en CTEEA-UAA (2009).

La BD de trabajo unió las distintas bases de datos de productores a nivel estatal. El total de unidades de producción (UP) utilizadas en el análisis fue de 10 925, donde se incluye a los productores que cultivaron maíz blanco de temporal durante el ciclo PV 2008 como cultivo

principal o asociado. Esta base de datos se enriqueció con información climática a nivel estatal obtenida del Servicio Meteorológico Nacional

## Método

La metodología consistió en probar diferentes formas funcionales para modelar la producción de maíz blanco a nivel regional. Las regiones se definieron de acuerdo con la estratificación definida por Arroyo (1987) que conserva la división política a nivel estatal y permite diferenciar las regiones agrícolas. Las regiones son: noroeste (Baja California, Baja California Sur, Nayarit, Sinaloa y Sonora), norte (Chihuahua, Durango, Coahuila y Zacatecas), noreste (Nuevo León y Tamaulipas), centro-occidente (Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Aguascalientes y Querétaro), centro-sur (Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Ciudad de México y Morelos), golfo (Veracruz y Tabasco), pacífico sur (Colima, Guerrero, Oaxaca y Chiapas) y península (Yucatán, Campeche y Quintana Roo).

El análisis solo consideró los modelos CD y CES. Para el caso de la función CES se probó un modelo con retornos a escala. Los retornos (rendimientos) a escala muestran la relación entre los aumentos en la producción que se consiguen tras realizar aumentos en todos los factores de producción (insumos), constantes (CES-K) e iguales a uno y una función CES con retornos a escala fluctuantes (CES-F). El modelo CD se estimó a partir de la siguiente forma funcional linealizada (1) y el ajuste se realizó a través del método de cuadrados mínimos ordinarios robustos con el uso del paquete estadístico STATA-16.0 (StataCorp, 2019), tanto a nivel regional como nacional.

$$\ln Y_{ij} = \beta_0 + \delta_1 \ln M_i + \delta_2 \ln FL_i + \delta_3 \ln HL_i + \delta_4 \ln L_i + \delta_5 \ln K_i + \delta_6 \ln Ir_i + \delta_7 \ln Cred_i + \ln Temp_j + \delta_9 \ln pp_j + \varepsilon_i \quad (1)$$

Donde:  $Y_{ij}$  es la producción total de maíz blanco en toneladas (t), obtenida en la unidad de producción  $i$  que produce en la región  $j$ .  $M_i$  es un vector de materiales utilizados en la producción que incluye semillas (kg), fertilizantes (kg), herbicidas (L) y plaguicidas (L).  $FL_i$  representa el trabajo no pagado proveniente de la familia del productor  $i$ , y  $HL_i$  corresponde al trabajo contratado, ambos medidos en jornales de ocho horas.  $L_i$  es el tamaño de la parcela cultivada con maíz (ha).  $K_i$  representa un vector de activos utilizados en la producción, que incluye el número de bodegas, tractores, trilladoras, cosechadoras, y camionetas utilizadas en la producción.  $Cred_i$  es una variable dicotómica que determina el acceso al crédito.

Las variables  $Temp_j$  y  $pp_j$  muestran la temperatura máxima (°C) y precipitación promedio (mm) en la región  $j$  durante los meses del ciclo PV de 2008. Finalmente,  $\beta_0$  es el parámetro de eficiencia, referido como el conjunto de características no observables en las demás variables que inciden en la producción, mientras que  $\beta_k$  es la elasticidad producto del  $k$ -ésimo insumo.

La estimación de la función CES se hizo a partir de la transformación logarítmica (2) y el ajuste se realizó con cuadrados mínimos no-lineales robustos con el paquete estadístico STATA-16.0, tanto a nivel regional como nacional.

$$\ln Y_{ij} = \beta_0 + \frac{\gamma}{\rho} \ln [\alpha_1 M_i^\rho + \alpha_2 FL_i^\rho + \alpha_3 HL_i^\rho + \alpha_4 L_i^\rho + \alpha_5 K_i^\rho + \alpha_6 Ir_i^\rho + \alpha_7 Cred_i^\rho + \alpha_8 Temp_j^\rho + \alpha_9 pp_j^\rho] + \varepsilon_i$$

2).

Donde: las variables tienen el mismo significado que en (1) y  $\rho$  representa el parámetro asociado al grado de sustitución de los factores de producción.

El parámetro  $\gamma$  se asocia a los retornos a escala, mientras que  $\alpha_i$  es el parámetro que indica la intensidad de utilización del  $i$ -ésimo insumo. La variante de CES-K asume retornos a escala constantes e iguales a uno ( $\gamma = 1$ ), mientras que la CES-F relaja este supuesto al considerar valores de  $\gamma \geq 0$ . En ambos modelos el valor de  $\rho$  definió la elasticidad de sustitución ( $\sigma$ ). La elasticidad de sustitución muestra el cambio relativo que genera el insumo en la tasa técnica de sustitución cuando la cantidad de producción se mantiene constante; de los insumos, definida como  $\sigma = 1/1 + \rho$ , con la restricción de que  $\sigma \in [0, \infty)$ .

## Resultados y discusión

El análisis con toda la información a nivel nacional sobre la congruencia de los estimadores (signo esperado de acuerdo con la literatura) sugiere que la forma funcional CD representa mejor la producción de maíz blanco en el ciclo PV. Adicionalmente, los estadísticos de bondad de ajuste (Cuadro 1) muestran que el modelo CD tiene mejor precisión (mayor  $R^2$  ajustada y menor RMSE, AIC y BIC), ya que predice a nivel nacional casi 70% de la variación en la producción de maíz de temporal.

**Cuadro 1. Comparación de estimadores de precisión y bondad de ajuste de las formas funcionales para todo el conjunto de datos (análisis nacional).**

Forma funcional	Parámetros		Resultados de estimadores a nivel nacional				
	$\rho$	$\gamma$	$R^2$ ajustada	RMSE	AIC	BIC	JB
CES con retornos a escala constantes (CES-K)	$\approx 0$	1	0.66	0.554	18.106	18.216	$1.2e^4$
CES con retornos a escala fluctuantes (CES-F)	$\approx 0$	$\geq 0$	0.679	0.538	17.482	17.599	9573
Cobb-Douglas	0	$\geq 0$	0.692	0.527	17.037	17.146	$1.7e^4$

RMSE= raíz del error cuadrático medio; AIC= criterio de información de Akaike; BIC= criterio de información Bayesiana; JB= prueba Jarque-Bera de normalidad de los errores.

Este valor es alto, al considerar que la producción del grano depende de un conjunto adicional de factores no observados en el modelo, como habilidades del productor, gestión y manejo de la unidad de producción, entre otros. Adicionalmente, el ajuste con el modelo CD muestra una distribución normal de errores a juzgar por el valor crítico de la prueba Jarque Bera (JB).

Cuando el análisis se realiza a nivel regional algunas regiones muestran que el ajuste con las CES-F o la CES-K presentan una precisión y bondad de ajuste marginalmente superior a aquellas obtenidas con el modelo CD, como consecuencia de las esperadas diferencias tecnológicas regionales. Sin embargo, los ajustes de los modelos CES muestran diferencias en los signos esperados.

Es por lo que, el análisis tanto a nivel nacional todos los estados como regional que se muestra a continuación solo presenta los resultados obtenidos del ajuste con el modelo CD (Cuadro 2). La estimación con el modelo CD no presenta incongruencias en los estimadores, ni situaciones que destaquen por su poca relación con la literatura existente (Constantin et al., 2009). La estimación a nivel nacional mostró que todos los insumos (con excepción del trabajo contratado y la trilladora) son significativos y, en su mayoría, positivos. Resultado congruente, debido a que la mayoría de los productores de maíz no utilizan los factores de producción eficientemente (Yunez et al., 2006).



**Cuadro 2. Función de producción de maíz, nacional y por regiones bajo el modelo Cobb-Douglas<sup>§</sup>.**

	Nacional	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6	Región 7	Región 8
		Noroeste	Norte	Noreste	CO	CS	Golfo	PS	Península
Semilla	0.291 <sup>***</sup>	0.397 <sup>*</sup>	0.195 <sup>***</sup>	0.01	0.359 <sup>***</sup>	0.13 <sup>**</sup>	0.045	0.122 <sup>***</sup>	0.156 <sup>**</sup>
Fertilizante	0.059 <sup>***</sup>	0.149 <sup>***</sup>	0.042 <sup>***</sup>	0.035	0.122 <sup>***</sup>	0.029 <sup>*</sup>	0.041 <sup>***</sup>	0.039 <sup>***</sup>	0.03 <sup>***</sup>
Herbicida	0.053 <sup>***</sup>	-0.064	0.019	0.658 <sup>***</sup>	0.037 <sup>***</sup>	0.032	0.082 <sup>***</sup>	0.042 <sup>***</sup>	0.025
Plaguicida	0.049 <sup>***</sup>	-0.041	0.271 <sup>***</sup>	0.056 <sup>**</sup>	0.061 <sup>***</sup>	-0.006	0.014	0.038 <sup>***</sup>	-0.003
Trabajo familiar	-0.026 <sup>***</sup>	-0.225 <sup>***</sup>	0.022	-0.122 <sup>***</sup>	-0.016	-0.001	0.037	0.016	-0.015
Trabajo contratado	-0.008	0.301 <sup>***</sup>	-0.013	0.11 <sup>***</sup>	0.005	0.061 <sup>**</sup>	-0.015	0.038 <sup>**</sup>	0.016
Tamaño parcela	1.075 <sup>***</sup>	1.035 <sup>***</sup>	0.994 <sup>***</sup>	0.848 <sup>***</sup>	1.026 <sup>***</sup>	1.018 <sup>***</sup>	1.054 <sup>***</sup>	1.07 <sup>***</sup>	0.944 <sup>***</sup>
Bodega	0.191 <sup>***</sup>	-0.494	-0.038	0.064	0.235 <sup>**</sup>	0.435 <sup>***</sup>	0.032	0.147	0.27 <sup>*</sup>
Tractor	0.339 <sup>***</sup>	0.51	0.326 <sup>***</sup>	0.352 <sup>***</sup>	0.44 <sup>***</sup>	0.221 <sup>*</sup>	0.095	0.36	0.589 <sup>**</sup>
Trilladora	-0.119	-	0.146	-0.217	-0.263	0.893 <sup>***</sup>	-0.56 <sup>**</sup>	-0.713 <sup>**</sup>	0.474 <sup>*</sup>
Camioneta	0.286 <sup>***</sup>	0.54 <sup>***</sup>	0.045	0.054	0.29 <sup>***</sup>	0.185 <sup>*</sup>	0.236 <sup>***</sup>	0.232 <sup>***</sup>	0.035
Crédito	0.028 <sup>***</sup>	0.024	0.045 <sup>***</sup>	0.011	0.028 <sup>***</sup>	-0.014	0.011	0.028 <sup>***</sup>	0.01
Temperatura	0.069	8.348 <sup>***</sup>	2.149 <sup>***</sup>	-	-0.745	1.48 <sup>***</sup>	-	16.2 <sup>***</sup>	0.526
Precipitación	0.197 <sup>***</sup>	0.498 <sup>***</sup>	0.793 <sup>**</sup>	2.18 <sup>***</sup>	-0.161	-0.219	-1.256 <sup>***</sup>	0.314 <sup>***</sup>	0.319 <sup>**</sup>
Constante	-2.463 <sup>***</sup>	-34.27 <sup>***</sup>	-12.04 <sup>***</sup>	-10.27 <sup>***</sup>	1.785	-4.61 <sup>***</sup>	6.513 <sup>***</sup>	-59.78 <sup>***</sup>	-4.076
Observaciones	10.924	222	1.112	890	2.354	1.661	1.051	2.894	740
R <sup>2</sup>	0.692	0.702	0.734	0.801	0.683	0.646	0.791	0.7	0.701
R <sup>2</sup> ajustada	0.692	0.684	0.73	0.798	0.682	0.643	0.789	0.694	0.695
RMSE	0.527	0.641	0.524	0.412	0.701	0.439	0.412	0.414	0.391
Rendimiento a escala	2.541	11.043	4.815	3.891	1.837	4.251	0.158	18.645	2.782
Prod. media (t ha <sup>-1</sup> )	1.39	2.06	1	0.93	2.43	1.31	1.9	1.13	0.85

CO= centro occidente; CS= centro sur; PS= pacífico sur; §= la estimación Cobb Douglas supone  $\beta=0$   $p>|z|$ ; \*\*\* $p<0.001$ , \*\* $p<0.01$ , \* $p<0.05$  con errores estándar robustos. Rendimiento a escala estimado como la sumatoria de los estimadores significativos asociados a factores de producción. Elaborado con base en los datos de SAGARPA (2019) y apoyo de STATA-16.0 (StataCorp LLC, 2019). Con base en el ajuste del modelo CD.

A continuación, se presenta el análisis efecto de los insumos en la producción de maíz a nivel regional. Los ajustes muestran que la semilla, el tamaño de la parcela y los tractores son los insumos con mayor efecto en la producción de maíz. Asimismo, identifica efectos de materiales y activos a nivel regional análogos a lo señalado por diversos autores (Jaramillo-Albuja et al., 2008; González-Estrada, 2010).

La estimación con la función CD mostró que la producción de maíz blanco a nivel nacional tiene retornos a escala crecientes de 2.54. Ello implica que, en promedio, los productores nacionales están alejados del punto óptimo de máxima eficiencia productiva y que dadas las condiciones en el año 2008 (año de referencia), un incremento por igual de insumos generaría un aumento en la producción total de hasta 254%.

## Rendimiento

El rendimiento (producción por hectárea) es notoriamente diferente entre regiones. Sobresalen los altos rendimientos promedio de las regiones centro-occidente y noroeste donde el uso de

germoplasma mejorado, mayor escala de producción y sistemas de producción intensivos es común. En contraste, las regiones noreste y península muestran los rendimientos más bajos; ambos casos asociados al cultivo de temporal en zonas con limitaciones ambientales, particularmente la sequía intra estival en la Península de Yucatán (Rangel et al., 2018) y fuertes limitantes tecnológicas (Reséndiz et al., 2014).

### **Tamaño de la parcela**

La teoría y el trabajo empírico en diferentes países muestra que la productividad de la tierra se reduce con el tamaño de la parcela (Kagin et al., 2016) hasta cierta escala a partir de la cual la productividad aumenta (Muyanga y Jayne, 2019). Sin embargo, para el caso de México se han reportado tanto relaciones positivas como negativas (Kagin et al., 2016).

Los resultados muestran que el tamaño de la parcela tiene un efecto significativo y positivo en la producción nacional y de todas las regiones. Su efecto puede representar hasta una elasticidad superior al 100% (regiones noroeste, centro occidente, centro sur, golfo y pacífico sur), contrastando con las regiones norte, noreste y península que no muestran economías de escala menos elásticas respecto al tamaño de la parcela.

Estas diferencias están no solo vinculadas a la interacción entre la escala, las variables físico-ambientales, y el sistema de cultivo (tipo y cantidad de insumos diversos), sino también a las variables sociodemográficas no consideradas en el análisis, tales como la educación, la conectividad regional, el acceso a mercados y la migración (Kagin et al., 2016).

### **Semilla**

El efecto de este factor es positivo y significativo para casi todas las regiones. En las regiones con mayor producción (noroeste y centro occidente) la semilla tiene un efecto mayor que en el resto del país, derivado de lo intensivo de los sistemas de producción usados en estas regiones, efecto que no se muestra en otras regiones donde se usan sistemas de cultivo menos intensivos en el uso de insumos y donde el uso de semilla de mejor calidad genera costos adicionales.

Resulta de interés que, en las regiones noreste y golfo, el efecto de este factor no es significativo, lo cual puede atribuirse a: i) uso de paquetes tecnológicos. Los paquetes tecnológicos se conforman por una estructura de insumos (semilla, agroquímicos y sistema de cultivo) alineada a un sistema de cultivo y condición físico-ambiental. De esta manera, los productores los utilizan en la cosecha tal cual como se les otorga, sin importar si es la cantidad necesaria que requiere la tierra o no, no apropiados, o sistemas de cultivo ineficientes que hacen que la semilla en conjunto con los demás insumos y las condiciones físico-ambientales donde se aplican, no tenga un efecto significativo en la producción; y ii) la tierra es tan pobre o el sistema de producción tan ineficiente que, a pesar de que se cuente con semilla de mejor calidad, ésta no tenga efecto en la producción (Reséndiz et al., 2014).

En el caso de la región noreste Tamaulipas y Nuevo León, el uso de tecnología inapropiada (pobre vinculación entre los insumos usados y las condiciones físico-ambientales) parece ser la explicación más factible. Sin embargo, para el caso de la región golfo Veracruz y Tabasco, es muy probable que la tierra haya alcanzado su límite de producción y que la calidad y cantidad de semilla no tengan efecto en la producción del grano (Reséndiz et al., 2014). En cualquier caso, parece necesaria la mejora del material genético usado en la producción de temporal de estas regiones.

### **Fertilizantes, herbicidas y plaguicidas**

Los resultados muestran que estos insumos no son esenciales para la producción de maíz de baja intensidad en el uso de insumos, fundamentalmente porque su uso está estrechamente relacionado con la cantidad de precipitación pluvial; sin embargo, el uso de ellos puede tener aumentos significativos en la producción nacional de 6%, con variaciones regionales.

El fertilizante, por sí solo, incrementa entre 12% y 15% la producción de maíz en dos de las regiones. Igualmente, el uso de herbicidas y plaguicidas incrementa hasta el 65% de la producción en el noreste y 27% en el norte respectivamente, pues como se señaló anteriormente, son regiones de uso intensivo de paquetes tecnológicos.

No obstante, la mayoría de los pequeños productores de estas regiones suelen no hacer uso de estos insumos pues no los consideran esenciales, existe desconocimiento de su beneficio e implican costos adicionales en los sistemas tradicionales (Flores, 2000). El resultado sugiere la necesidad de un análisis de eficiencia económica y técnica de los paquetes tecnológicos usados en estas regiones.

### **Trabajo familiar**

Este factor tiene un efecto negativo significativo a nivel nacional y en las regiones Noroeste y Noreste. El resultado puede ser explicado por un efecto de retornos a escala decrecientes derivados de la rápida reducción de la productividad promedio por trabajador agrícola (Kagin et al., 2016) o bien porque la productividad del trabajo no es la misma cuando éste no es remunerado. Por tanto, a pesar de que el trabajo familiar es un insumo de bajo o nulo costo para los productores, no necesariamente es del todo eficiente.

En cualquier caso, la presencia de esta variable no afecta la producción regional, más que otras variables. Resulta relevante que esta variable no muestra efecto en las regiones norte, centro oriente, centro sur, golfo, pacífico-sur y península, regiones que se caracterizan por sistemas de producción de muy baja escala y sistemas de cultivo de bajo consumo de insumos con pocas actividades culturales (Donnet et al., 2017).

### **Trabajo contratado**

El efecto de este factor es positivo y significativo para la mitad de las regiones, exceptuando las regiones norte, centro occidente, golfo y península e incluso, a nivel nacional no se registra efecto. Se puede hipotetizar que la ausencia de efecto de este factor se debe a que una escala de producción pequeña con sistemas agrícolas extensivos no requiere mano de obra adicional a la fuerza de trabajo familiar.

### **Activos productivos**

Los activos (bodegas, tractores y camionetas) tienen un efecto importante en la producción de maíz y pueden incrementar la producción nacional entre 20% y 30%. Cada activo tiene distintos efectos a nivel regional. El efecto de las bodegas es positivo y significativo a nivel nacional y para las regiones del centro del país, y península; existiendo un mayor efecto en el centro sur.

Este efecto se asocia a que en esta región el almacenaje se convierte en un problema importante. Por el contrario, el efecto de las bodegas es nulo en las regiones de agricultura más intensiva donde existe una alta disponibilidad y en regiones donde la mayor parte de la producción es de autoconsumo y no se requiere almacenaje. Los estimadores asociados al uso de tractores son positivos y significativos tanto a nivel nacional como para la mayor parte de las regiones, exceptuando el noroeste (alta abundancia de tractores tiene un efecto de factor no limitante) y el golfo y pacífico sur (la orografía limita su uso).

Se tiene un efecto mayor en las regiones centro occidente y península, donde su uso puede incrementar hasta en 60% la producción. Esto debido a que, son las regiones donde, ya sea, existe menor presencia de tractores, como es el caso de la península o donde las unidades productivas son más grandes, y más intensivas en el uso de insumos, por lo que necesitan maquinaria para el cultivo (centro occidente). La camioneta tiene efecto significativo y positivo a nivel nacional y en la mayoría de las regiones.

Existe un mayor efecto en las regiones noroeste y centro occidente, presumiblemente asociado a que hay mayores escalas de producción y se usan sistemas de cultivo más intensivos, por

lo que la transportación resulta necesaria. Los únicos activos que no mostraron efecto en la mayoría de las regiones y a nivel nacional son la trilladora y cosechadora. Dos posibles razones de este resultado son: i) el uso es sustituido por trabajo o algún otro activo como tractor; o ii) la proporción de productores de temporal con este activo es tan pequeña que no se observa efecto.

Sin embargo, se requiere más investigación en este rubro para evaluar el efecto, o la relación entre el uso de estos activos y otros insumos de acuerdo con las condiciones del entorno de producción. El crédito en la unidad de producción tiene efectos positivos a nivel nacional y para las regiones norte, centro oriente y pacífico sur. Este factor está usualmente ligado a la compra de insumos de producción más que a activos. El 96% de las UP analizadas no cuentan con acceso a este servicio, por lo que la evaluación de su efecto requiere investigación adicional.

Finalmente, la precipitación tiene un efecto negativo en la región del golfo, debido a que es la región donde llueve más (Aldama et al., 2015). En contraste, en las regiones del norte la lluvia tiene un efecto positivo en la producción al tratarse las zonas más áridas. Con base en esta hipótesis contrasta la región del pacífico sur en la cual se observa un efecto positivo de la precipitación que se complementa con un efecto positivo de la temperatura.

Ello se debe a que, en 2008, sucedió el efecto meteorológico conocido como el Niño (El Niño Southern Oscillation), que aumentó las temperaturas máximas de la región y se acompañó de una sequía. Este efecto combinado se refleja en el efecto positivo de la precipitación en esta región. A nivel de cada región pueden observarse algunos patrones esperados. Las regiones pacífico sur y centro sur muestran significancia en casi todas las elasticidades insumo-producción. Ello refuerza la percepción de que en estas regiones los sistemas productivos son muy ineficientes y cualquier mejora de insumos mejora la producción.

El mayor efecto se aprecia en factores como maquinaria, equipo y semilla, donde un cambio proporcional pequeño en estos insumos mejora sustancialmente la producción. Las regiones norte y península comparten elasticidades, tamaño de la parcela producción, menores que uno, lo que significa que la producción aumenta en forma decreciente con la escala de producción. El resultado coincide con los hallazgos de Kagin et al. (2016) quienes atribuyen este efecto a la alineación entre un sistema ineficiente y la escala pequeña.

El efecto parece reafirmarse al observar que los insumos básicos como mano de obra, plaguicidas y herbicidas o maquinaria y equipo (a excepción de tractores) no muestran efecto sobre la producción. Sin embargo, resulta interesante el fuerte efecto que tiene en estas regiones la presencia de tractores, presencia que sin duda está ligada con escalas de producción más grandes que presumiblemente pueden generar un efecto productividad-escala positivo a escalas superiores, como el efecto en forma de U documentado por Muyanga y Jayne (2019).

La región noreste comparte una elasticidad, tamaño de la parcela producción, menor que uno como en los dos casos anteriores; sin embargo, el efecto de los insumos es importante y significativo, lo cual muestra que a diferencia de las regiones previas, es posible intervenir en los sistemas productivos y mejorar la producción de maíz blanco (Donnet et al., 2017).

El sistema de producción de maíz de temporal referido como más común en la región golfo es el de labranza mínima (Donnet et al., 2017). Los resultados (Cuadro 2) muestran alineación con este sistema de producción dado que la mayor parte de los insumos no tiene efecto en ésta, a excepción de fertilizantes y herbicidas. Resulta también claro que el exceso de precipitación es una limitante importante para la producción de maíz en la región.

Finalmente, las regiones de mayor producción, centro occidente y noroeste, muestran que la semilla y el fertilizante tienen un fuerte efecto en la producción. Estos insumos están vinculados a los paquetes tecnológicos, base de la producción de grano en estas regiones, cuyo uso es más evidente en la región centro occidente (Donnet et al., 2017). Cabe destacar que en estas regiones con sistemas más intensivos la presencia de camioneta tiene un efecto significativo en la producción.

Las estimaciones de todas las formas funcionales mostraron diferencias en el uso de los factores de producción entre regiones. Ello sugiere que no es recomendable fijar una política pública

homogénea en todo el país que busque incentivar algún factor de producción por igual. Los resultados apuntan a que las necesidades, la escala de producción, la forma en que se usan los insumos y la sofisticación del sistema de producción son variantes a lo largo del país. Consecuentemente, la política de apoyos a los agricultores no puede homologarse porque inevitablemente, la asignación de recursos será ineficiente (Cortés, 2009).

Así, por ejemplo, los resultados sugieren que la política pública de apoyo a la producción de maíz de temporal en las regiones del norte debe focalizarse, principalmente, en la adquisición y uso de materiales (fertilizantes, herbicidas y plaguicidas), así como en el aumento de los jornales de trabajo contratado, por los importantes efectos positivos que ambas medidas tienen en la producción. En contraste, la adquisición de activos y el acceso al crédito parecen ser más relevantes en las regiones del centro y sur.

Finalmente, estos resultados sugieren que la política pública dirigida a apoyar a los agricultores no solo considere los efectos que generan los diferentes insumos, sino también las posibles explicaciones a dichos efectos, a fin de determinar las intervenciones más adecuadas en cada región. Por ejemplo, la falta de significancia en el efecto de la semilla de algunas regiones puede deberse a que los productores son eficientes en su uso, que la semilla utilizada es de mejor calidad y son otros insumos los limitantes, o bien, a que existen inconvenientes en la productividad de la tierra.

Situación similar ocurre con el efecto negativo que tiene el crédito en la región centro sur, donde el resultado puede deberse a un problema de riesgo moral, a un restringido acceso a los productores más pequeños o a que estos recursos se utilizan para otros cultivos. En estos escenarios, el tipo de intervenciones dista considerablemente dependiendo del problema identificado: por ello, se debe diagnosticar cuál es el problema público en cada región para poder implementar acciones gubernamentales adecuadas a las necesidades.

## Conclusiones

Este trabajo mostró que a pesar de que el modelo de producción CES es más flexible, su nivel de predicción no es significativamente diferente al obtenido con el modelo Cobb-Douglas y los resultados obtenidos con este último son más consistentes con la teoría que cualquiera de las variantes probadas del modelo CES a nivel nacional y regional.

Los resultados también muestran que el uso y efecto que tiene cada factor de producción en la producción de maíz blanco de temporal es distinto entre las regiones del país, dado que depende de las condiciones biofísicas y los sistemas de cultivo empleados en cada región. Esto evidencia que las acciones de política pública deben diferenciarse con base en las necesidades y particularidades de éstas.

## Agradecimientos

Se reconoce la valiosa colaboración de Daniela Alejandra Navarro Segura en la realización inicial de esta investigación.

## Bibliografía

- 1 Aldama, J. M.; Plata, F. S.; Bordi, I. V. y Guevara, M. R. 2015. Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. *Rev. Cienc. Soc.* 21(4):538-547.
- 2 Arroyo, G. 1987. Regiones agrícolas de México: modernización agrícola, heterogeneidad estructural y autosuficiencia alimentaria. In: lecturas de análisis regional en México y América Latina. Universidad Autónoma Chapingo. 481-509 pp. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/568112/Informe-final-U022-PF.pdf>.

- 3 CTEEA-UAA. 2009. Comité Técnico Estatal de Aguascalientes y Universidad Autónoma de Aguascalientes. Levantamiento de la línea base para la evaluación de los programas de SGARPA. SAGARPA-Gobierno del Estado de Aguascalientes. FAO-México. 51 p.
- 4 CONEVAL. 2015. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Diagnóstico de la capacidad productiva de los hogares rurales y pérdidas post cosecha. Ciudad de México. <https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/Documents/Integral-productores-30072015.pdf>. 35-44 pp.
- 5 Constantin, P. D.; Martin, D. L. and Rivera, E. B. B. 2009. Cobb douglas, translog stochastic production function and data envelopment analysis in total factor productivity in Brazilian agribusiness. *J. Operations and Supply Chain Management*. 2(2):20-33. <http://dx.doi.org/10.12660/joscmv2n2p20-33>.
- 6 Cortés, C. H. 2009. El enfoque territorial del desarrollo rural y las políticas públicas territoriales. *Revista Electrónica del Centro de Estudios en Administración Pública. UNAM*. (3) <http://investigacion.politicas.unam.mx/encrucijadaCEAP/arts-n3-09-12-2009/art-ineditos3-2-hernandez-cortes.pdf>. 1-10 pp.
- 7 Donnet, M. L.; López-Becerril, I. D.; Black, J. R. and Hellin, J. 2017. Productivity differences and food security: a metafrontier analysis of rain fed maize farmers in MasAgro in Mexico. *AIMS Agriculture and Food*. 2(2):129-148. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2017.2.129>.
- 8 FIRA. 2016. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario Maíz Ciudad de México, Banco de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/panorama-agroalimentario-ma-z-2016.pdf>. 14-22 pp.
- 9 Flores, M. L. y Gutiérrez-Sánchez, J. R. 2000. Investigación fisiotécnica de maíz de temporal en la región alta del norte de México. *Rev. Fitotec. Mex*. 23(2):195-209.
- 10 Galarza, F. B. y Díaz, J. G. 2015. Productividad total de los factores en la agricultura peruana: estimación y determinantes, economía. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú. 38(76):77-16.
- 11 González-Estrada, A. y Alferes-Varela, M. 2010. Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*. 1(3):81-396.
- 12 Jaramillo-Albuja, J. G.; Peña-Olvera, J. H.; Díaz-Ruiz, R. y Espinosa-Calderón, A. 2008. Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*. 9(5):911-923, <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1501>.
- 13 Kagin, J.; Taylor, J. E. and Yúnez-Naude, A. 2016. Inverse productivity or inverse efficiency? evidence from Mexico. *J. Development Studies*. 52(3):396-411. <https://doi.org/10.1080/00220388.2015.1041515>.
- 14 Muyanga, M. and Jayne, T. S. 2019. Revisiting the farm size productivity relationship based on a relatively wide range of farm sizes: evidence from kenya. *Am. J. Agric. Econ*. 101(4):1140-1163. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaz003>.
- 15 Pavelescu, F. M. 2011. Some aspects of the translog production function estimation. Bucarest, The Institute of National Economy. *Romanian J. Econ*. 32(1):131-150.
- 16 Rangel-Fajardo, M. A.; Tucuch-Haas, J.; Bastos-Barbudo, D. C.; Villalobos-González, A.; Nava-García, J. R. y Burgos-Díaz, J. A. 2018. Rendimiento de grano bajo régimen de temporal de materiales híbridos y avanzados de maíz en Yucatán. Ed. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 80-93 pp.
- 17 Reséndiz-Ramírez, Z.; López-Santillán, J. A.; Briones-Encinia, F.; Mendoza-Castillo, M. C. y Varela-Fuentes, S. 2014. Situación actual de los sistemas de producción de grano de maíz en Tamaulipas, México. *Investigación y Ciencia*. 22(62):69-75.
- 18 SAGARPA. 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería. Desarrollo Rural y Pesca. Base de datos: programas de la SAGARPA. Ciudad de México, México.

- 19 StataCorp. 2019. [Stata/IC], 16.0. College Station, Stata Corp. <https://www.stata.com/>
- 20 Yúnez, N. A. 2014. Old foods and new consumers in Mexico under economic reforms. *Afr. J. Agric. Res. Econ.* 9(1):33-53. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.176464>.
- 21 Yúnez, N. A.; Juárez-Torres, M. and Barceinas-Paredes, F. 2006. Productive efficiency in agriculture: corn production in Mexico. *AgEcon Search* No. 1004-2016-78433. 1-13 pp. <https://ageconsearch.umn.edu/record/25754/files/pp060326.pdf>.



## Diferencias regionales en la producción de maíz blanco de temporal en México

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 October 2023
Date accepted: 01 January 2024
Publication date: 27 January 2024
Publication date: January 2024
Volume: 15
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3170
DOI: 10.29312/remexca.v15i1.3170

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

función Cobb-Douglas

política agrícola

producción de maíz blanco

### Counts

Figures: 0

Tables: 2

Equations: 2

References: 21

Pages: 0