

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



EFICIENCIA TÉCNICA DE ESCALA DE LOS PRODUCTORES DE MAÍZ BLANCO DEL  
PROGRAMA PROCAMPO EN MÉXICO

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA

SANTIAGO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. JUAN MANUEL TORRES ROJO

CIUDAD DE MÉXICO

2020

**A Lorena, Santiago y Heriberto.**

## **RESUMEN**

Este trabajo tiene como principal objetivo establecer una relación entre el nivel de eficiencia de los productores de maíz blanco en México con las transferencias económicas proporcionadas por el programa PROCAMPO con el fin de establecer que existen productores de niveles bajos de activos que no reciben la transferencia y son más eficientes al producir el maíz. Para medir la eficiencia se utiliza un Análisis Envoltante de Datos y para establecer las comparaciones se estratificó a los productores por Estado, por nivel de activos, por nivel de eficiencia y, finalmente, por nivel de transferencias económicas recibidas. Los resultados mostraron una diferenciación concordante con la hipótesis para las poblaciones tanto eficientes como ineficientes en donde los productores con niveles bajos de activos figuran tener mejores sistemas de producción.

## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1-4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4-7
3. MODELO TEÓRICO.....	7-10
4. DATOS.....	10-14
5. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	14-17
6. RESULTADOS.....	17-26
7. CONSIDERACIONES ADICIONALES .....	26-27
8. CONCLUSIONES.....	28
9. REFERENCIAS.....	29-31
10. APÉNDICE.....	32-33
11. ANEXOS.....	34-35

## INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1. Descripción de niveles de activos para los productores.....	14-15
Tabla 2. Estadística descriptiva de variables a utilizar.....	16
Tabla 3. Resultado de los modelos calculados.....	19
Tabla 4. Transferencias promedio recibidas por nivel de activos.....	20
Tabla 5. Frecuencia de productores que reciben apoyo PROCAMPO.....	20
Tabla 6. Cambio proporcional y movimiento slack de población eficiente.....	21
Tabla 7. Cambio proporcional y movimiento slack de población no eficiente.....	21
Tabla 8. Retornos de escala.....	22
Tabla 9. Precio sombra para población eficiente apoyada.....	23
Tabla 10. Precio sombra para población no eficiente no apoyada.....	23
Tabla 11. Comparación de variaciones para población eficiente.....	24
Tabla 12. Comparación de variaciones para población no eficiente.....	25
Tabla 13. Características de los productores.....	26
Gráfico 1. Distribución de UER por Estado.....	11
Gráfico 2. Estructura de costos para la producción de cultivos cíclicos.....	13
Gráfico 3. Nivel de activos de los productores.....	15
Gráfico 4. Transferencias totales por nivel de activos.....	16
Gráfico 5. Escala eficiente para cada DMU.....	17
Gráfico 6. Escala eficiente por tipo de modelo.....	18
Gráfico 7. Distribución de eficiencia por Estado.....	27

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad económica de importancia en México, no solo por los recursos que genera sino también por la proporción de la población que realiza esta actividad. Es por ello, que existen múltiples análisis y estudios del sistema productivo agrícola orientados a identificar sistemas productivos eficientes: Mulwa et al (2009) quienes miden la eficiencia técnica de productores pequeños de maíz y Abu (2011) que estudia el impacto de usar fertilizantes sobre los resultados de eficiencia. Los cambios hacia sistemas productivos eficientes son promovidos por organizaciones gubernamentales y privadas con el fin de impulsar el desarrollo del sector agrícola y mejorar los niveles de producción y el bienestar de los productores. En México, se han implementado varios programas de apoyo gubernamental dirigidos a mejorar la liquidez, la tecnología, las capacidades de los productores, su maquinaria y equipo e incluso sus condiciones de mercado (e.g. Programa para la Adquisición de Activos Productivos, Programa de Atención a Problemas Estructurales, Componente PROAGRO-Productivo, Programa de Fomento a la Agricultura). Sin embargo el programa más emblemático y controvertido en México es el programa PROCAMPO (Programa de Apoyos Directos al Campo).

PROCAMPO inició siendo un programa gubernamental que tenía como objetivo “complementar el ingreso económico de los productores del campo mexicano, ya sean de autoconsumo o de abastecimiento, para contribuir a su crecimiento económico individual y al del país en su conjunto”. (PROCAMPO|Agricultura, s.f). Entonces, surge la interrogante al momento de evaluar el programa sobre su efectividad. García Salazar (2001) encuentra una relación inelástica entre la producción de maíz con respecto al apoyo PROCAMPO y, por ende, resulta en una política inefectiva para incrementar productividad. En este sentido, surge una discusión en torno al beneficio de impulsar la producción de cada productor si esto implica que la forma de producir no es la adecuada. Es decir, mayor producción sin generar un mayor utilidad o una mejora en la utilización de insumos.

En primer lugar, cabe recalcar que el programa tiene como objetivo mejorar el ingreso de los agricultores con bajos recursos y que, en este sentido, PROCAMPO cumple con su principal enfoque, sin embargo, es imperativo tener presente que este implica dejar de lado objetivos/problemáticas secundarias de lado. En segundo lugar, destacar que, a pesar de haber

cumplido sus objetivos, existen análisis en los que es cuestionado si realmente es conveniente que un programa este dedicado solo a transferencias económicas a los apoyados. En una publicación en el portal de la OECD en palabras de Stefan Tangermann (OECD, 2006):

“Mientras que PROCAMPO representa una gran mejoría sobre las políticas pre-existentes, continuar el programa sin cambios podría representar una oportunidad perdida para re-orientar esos fondos hacia una reducción más eficaz de la pobreza, apoyo al ingreso, preservación del medio ambiente o el desarrollo del mercado de la tierra”.

Esto, puesto que no existe evidencia de que las transferencias coadyuven a mejorar la competitividad ni mejora del conocimiento productivo. Adicionalmente, Zarazúa-Escobar et. al.(2011) mediante un análisis de productores minifundistas del Estado de México concluyen que el programa PROCAMPO está dedicado solo a otorgar transferencias económicas, dejando de lado la innovación tecnológica y el conocimiento productivo. Por estas razones, el análisis sobre la forma de producir de cada beneficiario al programa otorga información relevante para estudiar los efectos laterales que PROCAMPO puede estar ignorando.

En este contexto, el presente trabajo busca analizar el sistema de producción agrícola mexicano con el fin de caracterizar la eficiencia de Unidades Económicas Rural (UER) e identificar si existen UER sin apoyos gubernamentales que puede igualar o superar la eficiencia técnica alcanzada por productores que sí cuentan con el apoyo PROCAMPO. A través de esta aproximación se pretende identificar si el PROCAMPO tiene algún efecto en el uso eficiente de insumos de los productos agrícolas.

De acuerdo ala Encuesta Nacional de Agricultura (INEGI, 2017), el cultivo con más superficie sembrada o plantada en México es el maíz de grano blanco. Es por esto que el análisis aquí presentado se realiza sobre el maíz, por ser el cultivo de mayor trascendencia en el país. Según datos de SAGARPA, el maíz representa el 14.7% del PIB agrícola nacional y el consumo del mismo constituye 20.9% del gasto en Alimentos, Bebidas y Tabaco de los mexicanos (SAGARPA, 2017). Con estos datos podemos concluir que parte de la visión o enfoque del mercado agrícola (o maíz blanco en este caso) está centrada en el aumento de la producción para consumo local, no obstante parece quedar de lado la discusión sobre si este aumento realmente tiene beneficio real sobre los productores y hasta qué punto es viable perder eficiencia productiva a cambio de mayor volumen.

Paralelamente, cabe destacar que gran parte de la producción agrícola extensiva está concentrada en zonas de alta marginalidad y de escala productiva baja. En adición, el Diagnóstico del Sector realizado para la Línea de Base indica que las UER que conforman el grupo productivo suelen tener poca escolaridad, baja incorporación de tecnologías, bajo acceso a la información y baja productividad (FAO-SAGARPA, 2012). Entonces, es razonable sugerir que el problema del sector no recae solo en producción si no también en administración y estructuración de todo el sistema productivo, no basta con otorgar incentivos económicos si el ingreso no va a ser usado o distribuido de la manera más eficiente.

Lo anterior hace necesario resaltar que el análisis aquí presentado tiene un enfoque regional, puesto que supone que gran parte de los productores (que son mayoritariamente de activos bajos) se dedican a cubrir las demandas de las localidades más cercanas y es muy poco probable que estos participen en el mercado nacional directamente. Lo cual, es bastante relevante puesto que al señalar que existe un problema a escala más interna puede sugerir que mejorar el abastecimiento sobre la demanda local por el maíz blanco puede ayudar a desarrollar un mejor programa que ayude a los productores a incrementar su escala productiva, lo que reflejaría mejor el beneficio del programa. En pocas palabras, no aporta mucho beneficio el que la transferencia sea realizada a productores que no buscan realmente reinvertir la transferencia y solo ocupan el apoyo como un ingreso adicional.

De esta manera, es importante hacer notar que este proyecto identificará qué tan efectivos son las UER que cuentan con el apoyo gubernamental para destacar que puede ser mayor el costo de otorgar transferencias económicas puesto que estas generan incentivos a resolver problemáticas domésticas de los productores en lugar de invertir en un mejor método para sus cosechas. Esto, haciendo una comparación directa con la eficiencia de los no apoyados, que, por el carácter de elegibilidad del programa (que no tiene restricciones) permite identificar si realmente el incentivo económico mejora las condiciones del productor o solo lo impulsa a una mayor producción.

Por medio de un modelo “Análisis Envolvente de Datos” (DEA por sus siglas en inglés), se estimó el *score* para cada productor. Esto, es la calificación otorgada al sistema de producción que supone la posición de cada UER en la frontera de eficiencia. Dicha frontera es construida a partir de los productores que conforman una eficiencia de escala (concepto desarrollado más



adelante) igual a 1. Los resultados muestran que para los 334 productores que se encuentran sobre la frontera eficiente de producción un 55.38% (185) no son apoyados por el programa PROCAMPO.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

El análisis de eficiencia por medio del modelo DEA no es para nada desconocido dentro del ámbito del sector agropecuario. Existen diversos análisis sobre la medida de eficiencia de la producción que, generalmente, son acotados para una zona delimitada. Panpluem et. al. (2019) utilizan el modelo para medir la eficiencia de los productores de arroz en el norte de Tailandia. En los resultados se puede observar que los ajustes de eficiencia llevan a una reducción de los insumos para seguir con el mismo resultado de producción.. Mussa et. al. (2011) proponen un modelo de dos etapas de DEA para analizar la productividad agrícola dependiendo de la forma en que los factores son utilizados en el proceso de producción. Mussa et. al. (2011) concluyen que para que exista una adecuada intensificación de las tierras agrícolas y la expansión del uso de la tecnología debe existir un aumento en la eficiencia en el uso de los recursos que mejore la productividad de los factores. Es decir, establecen que el crecimiento no es determinado por un insumo en particular (e.g. capital), si no que debe existir un cambio (incremento/decremento) en el uso de los demás insumos que sostenga el nuevo nivel de producción. Es por esto que la visión de este trabajo, converge en que el programa PROCAMPO no tiene en consideración que para lograr mayor efectividad no solo son suficientes las tranferencias económicas, si no que, es necesario que se mejore o cambie el uso de los demás insumos que determinan la producción. Al contrario, Ayaz et. al. (2011), muestran que el acceso a nuevas fuentes de ingreso dentro de pequeños productores en Pakistán figuran un mayor porcentaje de eficiencia. En este caso, el análisis de los autores figura que los apoyos deberían generar mayor incentivos a la producción si se tiene acceso a una mejora en el ingreso. Sin embargo, la falta de seguimiento a la reinversión del capital monetario dificulta el análisis del cumplimiento de los objetivos principales del programa estudiado (PROCAMPO).

Para el análisis que el trabajo propone se establece que la asignación del incentivo económico por parte de PROCAMPO con base en el tamaño del productor conlleva un análisis sesgado de los rendimientos de los productores de maíz. Puesto que, está limitando el acceso a una mejor fuente de inversión tan solo en el reflejo de la cantidad de producción de un agricultor

y no en su capacidad para producir. En este sentido, es pertinente contar con una perspectiva que permita evaluar si, en efecto, el tamaño del productor realmente figura su desempeño en términos de eficiencia. De esta manera, Bielik y Rajcániová (2004) emplean el modelo sobre 110 productores agrícolas en Eslovaquia en donde establecen que un aumento en el tamaño de la superficie de las granjas tiene, en principio, un efecto positivo sobre un mayor retorno marginal y menores costos marginales. Entonces puede pensarse que un mayor tamaño de tierra tiene un efecto sobre la mejora de la eficiencia de producción. Sin embargo, Bielik y Rajcániová (2004) también demuestran que más allá de cierto tamaño, los rendimientos marginales comenzarán a disminuir y, del mismo modo, los costos marginales aumentarán (no necesariamente simultáneamente). Con esto determinamos que la perspectiva de la tesina tiene sentido económico, puesto que mayor tamaño de producción no necesariamente implica mayores rendimientos para la producción. Intuitivamente, es racional pensar que un incremento en la superficie de cultivo puede ampliar la capacidad de producción. Entonces, el programa podría estar incentivando un incremento en la escala de producción. No obstante, a pesar de llevar a una ligera mejora en el sistema productivo, podría ser contraproducente desde el panorama de Bielik y Rajcániová (2004).

Es importante mencionar sobre esta línea de pensamiento que podemos observar este efecto desde principios del programa. De acuerdo con la Base de Datos del PROCAMPO, en el año agrícola 2000, el 77% de los productores con Unidades de Producción de hasta cinco hectáreas recibieron el 34% de los apoyos, el 15% de los productores con Unidades de Producción mayores de cinco y hasta 10 hectáreas recibieron el 22% y el 8% de los productores con Unidades de Producción mayores de 10 hectáreas concentró el 45% de los apoyos del PROCAMPO. (ASERCA-SAGARPA, 2009). Donde observamos que los más beneficiados son aquellos productores con mayor número de hectáreas cultivadas y, además, que la participación de las transferencias está mayormente enfocada para pequeños o grandes productores, siendo estos los objetos de estudio del modelo de este proyecto. De la misma manera Juárez-Sánchez y Ramírez-Valverde (2006) encuentran de los productores que mencionaron tener más de 12 hectáreas son los que tienen los porcentajes más altos de tierras registradas en PROCAMPO. En cambio los que mencionaron tener entre 6 y 9 hectáreas participaron con porcentajes menores de tierra en el programa. Esto puesto que ocupan parte de sus tierras para sembrar otros cultivos

que no son beneficiados por el apoyo del programa. Es decir, los productores con mayor superficie tienen ventaja sobre los más pequeños.

El DEA no es un proceso desconocido para el estudio de la eficiencia en la producción agrícola. Existe una multitud de estudios sobre el cálculo del *score* para productores puesto que es una herramienta bastante útil para determinar áreas de mejoras en los sistemas productivos y para identificar aspectos que no pueden ser observados a simple vista con sólo la producción. En este sentido, Li et. al. (2017) utilizan un modelo DEA para medir la eficiencia de productores en China por medio de la utilización de energía con el fin de establecer qué regiones son las que necesitarían una mejora tecnológica. Lilienfeld y Asmild (2007) utilizan el modelo DEA para determinar si existe relación entre zonas con sistemas de riego y el uso ineficiente del agua. Contrario a las expectativas no existe una fuerte relación entre estos dos aspectos. Esto es importante puesto que encontramos que aún cuando existan insumos que pueden dañar el sistema productivo, hay factores que tendrán mayor peso para obtener un buen resultado. Es por esto que cuidar las variables de entrada es importante para no minimizar este tipo de correlaciones.

Para el caso mexicano, también han sido explorados los acercamientos por medio del análisis DEA. Olmedo Vazquez et. al. (2017) estudiaron los niveles de eficiencia de los ciclos de riego en Valle de Yaqui (Sonora) por medio de un estudio sobre el tiempo. Con esto, es posible establecer un ritmo de mejora al sistema productivo por parte de los directores de cada ciclo agrícola, en suma, establecen que pueden existir choques alternos que afecten la visibilidad del impacto de los insumos estudiados. Además, Sandoval y Avila (2019) realizaron un análisis de eficiencia para la producción de cítricos en México y como el sistema de producción incide en la demanda. Consecuentemente, el modelo permite identificar las causas de ineficiencia del comercio de los cítricos y, nuevamente, mejorar sistemas productivos. En el caso de Juárez-Sánchez y Ramírez-Valverde (2006) elaboran un análisis sobre el impacto del programa PROCAMPO sobre la producción de maíz de algunos municipios del Estado de Puebla, en donde encuentran que más del 50% de los productores considera que los recursos que otorgó el PROCAMPO fueron insuficientes, ya que financiaron menos del 30% de los costos de producción. No puede afirmarse que incrementó la producción, puesto que estadísticamente no existieron diferencias entre los participantes y no participantes en el programa. Los autores

concluyen que los agricultores buscaron mantener los niveles de producción de su parcela y no intentaron incrementar la producción debido a los bajos precios del maíz. Si bien, la literatura tiene una inclinación hacia evaluar sistemas productivos y encontrar ineficiencias de los mismos, coinciden en términos generales con la propuesta de investigación difiriendo solo en el foco de análisis; ergo: el programa PROCAMPO.

## **MODELO TEÓRICO**

Para empezar, en el análisis estadístico en el sector agrícola existe cierta discusión sobre la efectividad de los métodos tradicionales utilizados. Salas et.al (2010) realizan una comparación de modelos paramétricos y no paramétricos con el fin de establecer cual aporta mejores resultados para un estudio en los bosques de Araucaria Araucana (una especie de pino) en Chile donde si bien los autores encuentran que para el caso de estudio los métodos paramétricos encuentran menores errores en su cálculo establecen que si el mantenimiento de las relaciones entre las variables originales es una característica atractiva para un investigador, el método del vecino más similar podría ser el apropiado, que es el caso del objeto de estudio de este proyecto. En suma, proponen el método de la regresión lineal múltiple como opción para propósitos de predicción, ya que es el más simple y fácil de implementar, sin embargo, sería difícil aplicar un método paramétrico eficiente debido a los supuestos estadísticos de cada uno. Al no cumplirse, debilitarían los resultados finales. Adicionalmente, Murillo Melchor (2002) establece que no hay una justificación teórica para especificar la función de producción mediante una única función paramétrica. Con lo que los errores de especificación del modelo pueden resultar confundidos con la ineficiencia técnica en si. Aunque, dentro de las ventajas de este tipo de modelos es que los resultados cuentan con un respaldo estadístico más conocido al ser modelos econométricos y por la relación entre inputs/outputs posibilita la formulación del sistema productivo. No obstante al intentar modelar esta relación en el objeto de estudio sería difícil puesto que contamos con múltiples variables de entrada para una sola salida. En suma, si utilizamos un modelo paramétricos los resultados del nivel de eficiencia muy probablemente cuenten con niveles de error considerables. En este caso, los modelos paramétricos podrían funcionar como respaldo al finalizar el estudio de eficiencia por el tipo de información que emplea este proyecto.

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es un técnica no paramétrica que permite el uso de múltiples variables de entrada y salida con el fin de medir la eficiencia de unidades de producción. El modelo permite estimar de manera relativa el nivel de producción que se logra con el uso de cierto número y cantidad de insumos. En este sentido, el modelo DEA permite estudiar dos enfoques principales: *input* y *output*; conocidos también como las orientaciones del modelo. La principal diferencia entre las orientaciones radica en el sentido en que una nos muestra la cantidad óptima de insumos que puede ser utilizada para generar una cantidad fija de producto y, por el contrario, determinar la cantidad óptima de producto que puede ser obtenida con una cantidad fija de insumos. Para fines del proyecto, será utilizado el modelo de eficiencia con orientación al *input* puesto que pretende observar si los productores podrían no estar usando de manera adecuada sus insumos para generar mayor producto por medio de la transferencia que sugiere el PROCAMPO. En otras palabras, si existen productores que son eficientes al producir pero no reciben el programa y si existen productores ineficientes a los que el programa realmente no influye en la mejora o inversión al sistema de producción.

El modelo propuesto por Charnes, Cooper y Rhones (1978) donde se propone un problema de maximización y utilizado para CRS (retornos constantes a escala), es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } \theta &= \mu_1 y_{10} + \dots + \mu_s y_{s0} \\
 &\text{sujeto a} \\
 v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0} &= 1 \\
 \mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj} &\leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj} \quad (j = 1, \dots, n) \\
 v_1, v_2, \dots, v_m &\geq 0 \\
 \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s &\geq 0
 \end{aligned}$$

Donde tenemos que  $y_i$  representan las variables de salida (producción de los diferentes productos),  $x_i$  son las variables de entrada o insumos (i) y  $v_i, \mu_i$  las ponderaciones para variables de entrada y salida respectivamente. En el contexto del modelo planteado  $v_i$  representa los precios de los productos o ponderaciones de producción y  $\mu_i$  corresponden al inverso de las tasas marginales de transformación de insumos por producto o una ponderación de ella.

Entonces podemos observar que el modelo no sólo permite identificar el nivel de eficiencia que tiene una UER si no que de la misma manera otorga un peso a cada una de las variables que se intriducen al análisis. Es decir, también se puede identificar si existen *inputs* con más peso que otros que permitan identificar una mejor manera de asignar los segmentos que necesiten más apoyo.

Este primer acercamiento ofrece una visión con retornos constantes a escala para determianr la frontera eficiente de producción. De este modo, esta formulación del modelo permite analizar la producción de las UER eficientes en el enfoque en donde el producto es incrementado de la misma proporción en la que cambian los insumos. Este cálculo es conocido como el índice de eficiencia técnica global. Adicionalmente, Banker, Charnes y Cooper (1984) introducen una restricción adicional al análisis envolvente en donde ahora los retornos de los productores pueden ser variables (VRS), es decir, que el producto aumente o disminuya en la proporción en la que cambien los factores utilizados. Para esto, se agrega la restricción:

$$\sum v_m \mu_s = 1$$

Con esto se puede obtener la eficiencia técnica pura para cada productor. Así, al analizar las dos orientaciones del modelo DEA puede obtenerse un índice de eficiencia de escala (que será el pertinente al estudio), simplemente es contruido por medio del cociente de los dos índices de eficiencia ya calculados. El modelo DEA realizado también proporciona información adicional sobre la proyección y el slack movement, estos índices serán explicados en medida que sean presentados en el proyecto.

Ahora bien, una ventaja importante a destacar del modelo DEA es que las variables no necesitan una forma funcional específica para realizar el análisis, sobretodo, para el caso de un análisis agrícola en que cada variabe tiene su unidad de medida definida. Sería un poco más complicado realizar transformaciones para índices que necesitaran alguna transformación de carácter cualitativo. En suma, el modelo permitiría que el análisis fuera en proporción de múltiples variables de salida, sin embargo, en este estudio no será realizado. De la misma forma, tampoco es necesario realizar supuestos sobre la (in)eficiencia o la forma funcional adecuada para la producción eficiente. Esto, porque el modelo estima una frontera de producción eficiente

por medio de la comparación de las variables tanto de entrada como de salida entre las UER que entren al análisis.

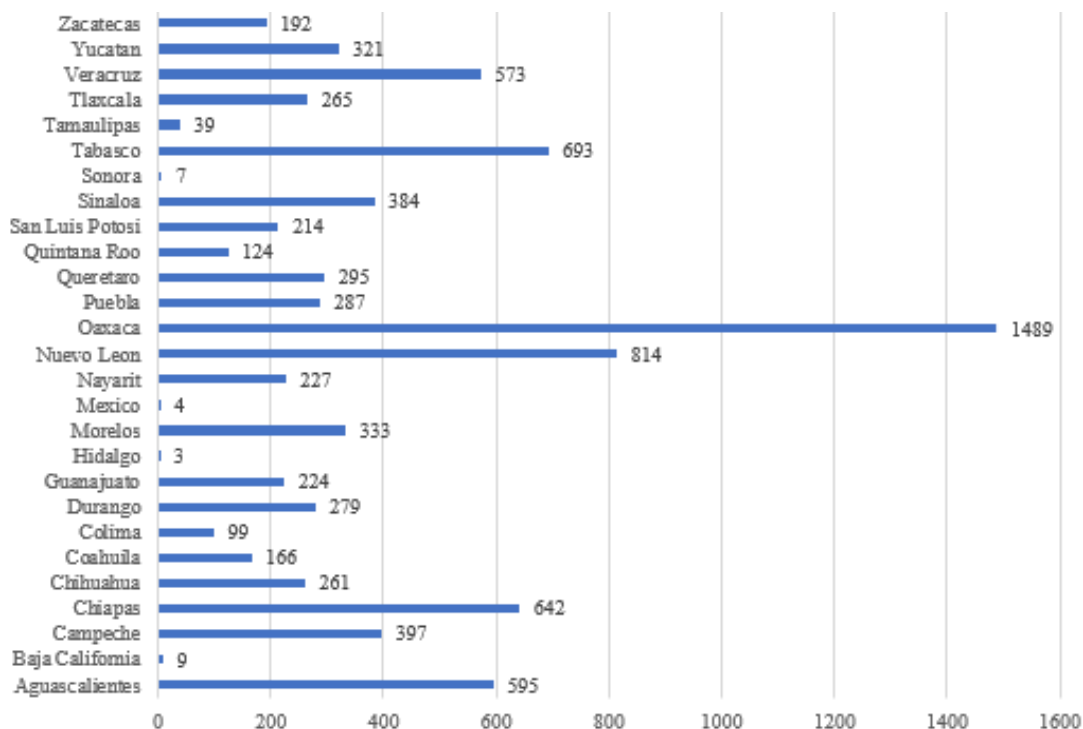
De la misma manera, también es importante no ignorar algunas de las limitaciones que tiene trabajar con modelos no paramétricos. En primer lugar, el modelo es sensible a datos aberrantes puesto que no supone una forma funcional específica, en este caso, es importante eliminar de la muestra las observaciones que puedan no ser coherentes con la producción. En segundo lugar, hay que tener un número adecuado de *inputs* y *outputs* con el fin de no subestimar el impacto sobre la eficiencia, ya que no existe forma concreta de eliminar los sesgos por error de medición. Es decir, el introducir algunas u otras variables de entrada y salida dará lugar a nuevos niveles de eficiencia. Finalmente, una de las importantes limitaciones pero que en el caso pertinente al estudio es, en cierta medida, beneficiante es el hecho de que el modelo DEA es sensible a la heterogeneidad de los datos de la muestra. De esta manera, como los datos utilizados en este proyecto de investigación comparan a productores de escala grande con los más pequeños podemos encontrar problemas en los que la escala de eficiencia sea muy baja debido a que en la mayoría el cuestionario es aplicado a productores de baja escala. No obstante, esto es beneficioso en la medida en que si es demostrado que existen productores de baja escala que están siendo más eficientes que los de gran escala corresponderá a la hipótesis del proyecto.

## **DATOS**

Los datos corresponden a la base de datos del cuestionario para elaborar la Línea de Base realizado por SAGARPA en conjunto con la FAO para evaluar los programas de SAGARPA. La base de datos contiene información sobre el proceso productivo de diversas UER, en los que incluye: costos, escala productiva, asignación de capital e insumos y el acceso a programas de gobierno sobre incentivos económicos durante el ciclo productivo de 2008. Para esto, la base de datos del cuestionario cuenta con referencia tanto para beneficiarios como para no beneficiarios del programa de interés (PROCAMPO). Cabe mencionar, que las UER no beneficiarias cuentan con las características para ser elegible por el programa de apoyo. Por consiguiente, facilita el análisis comparativo que pretende este trabajo ya que podemos afirmar que, ciertamente, el problema de selección de muestra no tiene un efecto negativo en el resultado del modelo.

En primer lugar, es conveniente iniciar observando la distribución de las UER en las diferentes zonas/Estados del país. Toma et. al. (2015) muestran que existen claras diferencias de desempeño entre áreas con características geográficas similares en términos de factores de producción (trabajo, tierra y mecanización) y asignación. Encuentran que al estratificar a los productores los resultados de eficiencia varían sustancialmente. De aquí, derivamos que el análisis pertinente al trabajo deberá ser por Estado para eliminar a cierta escala el ruido que puede surgir por diferencias territoriales de las regiones. Idealmente, incluso podría dividirse aún más por zonas dentro de los Estados, no obstante, por términos prácticos asimilaremos que cada Estado cuenta con características territoriales similares dentro de sus productores. Con esto evitamos que la población eficiente pueda concentrarse sólo en una región, puesto que los *score* dependerá solamente de los productores de su mismo territorio. Es decir, los resultados de cada Estado son independientes unos de otros. La siguiente gráfica presenta el muestreo de los productores sobre las regiones del país; podemos observar una distribución discordante:

Gráfico 1. Distribución de UER por Estado



Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)



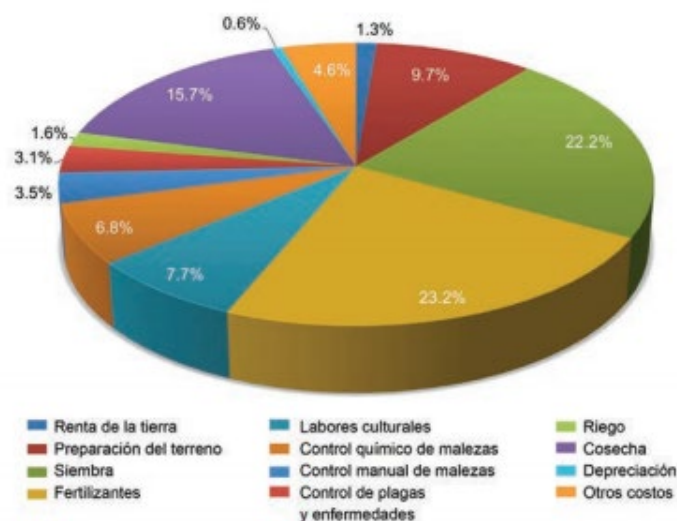
Para seleccionar a las UER pertinentes para el análisis se tomaron en cuenta aquellos productores que señalaron al maíz blanco como su principal cultivo. En este sentido, se eliminó a cualquier productor de maíz independientemente de su escala de producción si este no considera el cultivo como el principal. Esto, con el fin de eliminar problemas con la eficiencia que puedan estar relacionados con el efecto negativo de otro cultivo preponderante. Es decir, al tomar en cuenta productores de frijol como semilla principal puede ser que el problema de eficiencia sobre la producción de maíz esté correlacionado con el hecho de que el productor no asigna la mayor parte de su tiempo/producción al maíz blanco.

Además, las UER a utilizar consideran tanto a los productores que cuentan con el apoyo del programa PROCAMPO como aquellos productores que no son beneficiarios pero que cumplen con las características para ser elegibles. En un principio, el modelo no tendrá en consideración el efecto que pueda tener el acceso a otros programas públicos de apoyo. Como resultado de esta selección obtenemos 9,126 UER que cumplen con las características de selección para el modelo.

Ahora bien, como el análisis que pretende este proyecto será a nivel estatal, separamos las UER según su Estado con el fin de observar las características de cada productor eficiente según la región en la que produce. Ahora bien, con el fin de incluir a los productores que realmente aporten información relevante, eliminamos a los siguientes Estados de la muestra de interés: Baja California con 9 UER, Hidalgo con 3 UER, México con 4 UER, Sonora con 7 UER y, finalmente Tamaulipas con 39 UER. El criterio de descarte para los Estados fue para aquellos que contaran con información menor a 50 UER.

Una vez definida la muestra de los UER a estudiar, pasamos al listado y construcción de variables tanto de entrada como de salida para construir el modelo de maximización. Según los datos levantados por la encuesta, el entendimiento de los costos para la producción de productos cíclicos es el siguiente:

Gráfico 2. Estructura de costos para la producción de cultivos cíclicos



Fuente: FAO-SAGARRPA (2012)

Con base en esta información, son construidas las variables de entrada para el modelo tomando en cuenta la información del cuestionario de la Línea de Base:

- $i_{\text{semilla}}$ : esta variable es contruida por medio de la multiplicación de la cantidad utilizada por el productor y el precio por unidad de medida que este pago para obtener la semilla. Podría considerarse solo usar la cantidad pero el proyecto considera pertinente que, como cada productor enfrenta precios diferentes, puede que el modelo subestimara el efecto del precio sobre la eficiencia.
- $i_{\text{superficie}}$ : la variable fue construida con la superficie que el productor sembró sobre el cultivo pertinente, el proyecto no considera solo la cantidad cosechada puesto que figuraría solo considerar aquellos plantíos que fueron exitosos. Así, podemos obtener un aproximado de que tan efectivo es el productor realmente.
- $i_{\text{fertilizante}}$ : esta variable (al igual que las dos variables subsecuentes), se construyó con base en cuantas hectáreas se aplicó, qué cantidad fue utilizada y cuanto le costó al productor aplicar el producto por unidad de medida. Con el fin de medir el efecto total

de la utilización de estos productos, es decir, aquí el resultado puede significar que es necesario un cambio en unidad de producto por hectárea según el precio enfrentado.

- i\_herbicida
- i\_plaguicida
- i\_jornal\_familiar: esta variable constituye si la UER cuenta con familia que le apoye en la producción que trabaje jornales de 8 horas. Esta variable es rechazada más adelante por no aportar demasiada información al análisis.
- i\_riego: esta variable representa la cantidad de superficie cultivada que cuenta con un sistema de riego.
- o\_produccion: refiere a la cantidad del grano total producida por tonelada de los productores.

Finalmente, eliminamos 190 datos de la muestra porque reportaban una producción de 0, esto con el fin de que los resultados adquieran un poco más de consistencia con los datos utilizados. Del mismo modo, dejamos de lado el análisis de los jornales familiares puesto que estos no están presentes en suficientes UER y tienen un peso relativamente pequeño. Como resultado, el análisis cuenta con 8,874 productores de maíz blanco distribuidos en 22 Estados.

### **ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA**

En primer lugar, hay que definir a qué se refiere cada nivel de activos que estarán siendo utilizados para el análisis

Tabla 1. Descripción de niveles de activos para los productores

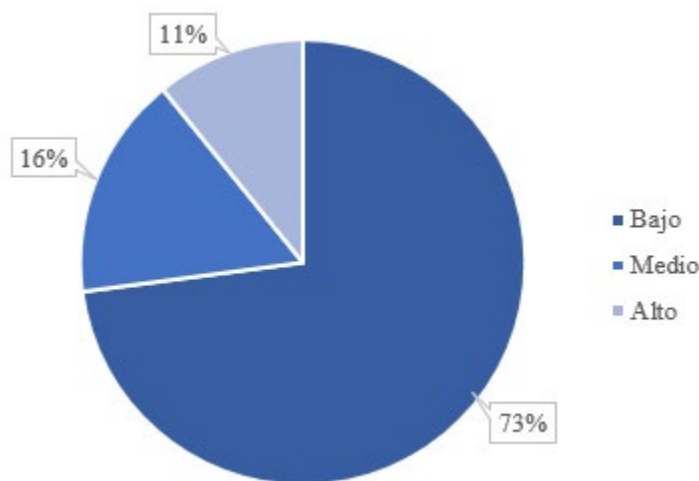
<b>Nivel de activos bajo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En posesión de hasta 20 hectáreas de temporal, 5 hectáreas de riego o hasta 800m<sup>2</sup> en agricultura protegida.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microempresariales formadas principalmente por mujeres, jóvenes, indígenas, personas con capacidades diferentes y adultos mayores y ventas anuales por socio equivalentes a un monto no mayor a 2 salarios mínimos anualizados.</li> </ul>
<b>Nivel de activos medio</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituidas por mujeres, jóvenes, indígenas, personas con capacidades diferentes y adultos mayores que además, por su cuenta o de forma organizada, tenga un empleo permanente o sea dueño de una</li> </ul>

<p>microempresa de comercio o servicios que le genere ingresos por el equivalente de hasta 2 salarios mínimos anualizados.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En posesión de una superficie máxima de 10 hectáreas de riego o hasta 50 hectáreas en temporal, o hasta 2,000 m2 de cultivos en agricultura protegida.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microempresariales formadas principalmente por mujeres, jóvenes, indígenas, personas con capacidades diferentes y adultos mayores, y ventas anuales por socio equivalentes a un monto no mayor a 5 salarios mínimos anualizados</li> </ul>
<b>Nivel de activos alto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propietarias de superficies y activos pesqueros y ganaderos mayores a las establecidas para el nivel medio de activos productivos pero que se encuentren dentro de los límites señalados Ley Agraria en su título quinto: de la pequeña propiedad individual de tierras agrícolas, ganaderas y forestales, y título sexto: de las sociedades propietarias de tierras agrícolas, ganaderas o forestales; o con lo aplicable en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables y su reglamento.</li> </ul>

Fuente: FAO-SAGARPA (2012)

Ahora bien, la base de datos muestra que la muestra está conformada mayoritariamente por productores con niveles de activos bajos, como se muestra a continuación:

Gráfico 3. Nivel de activos de los productores

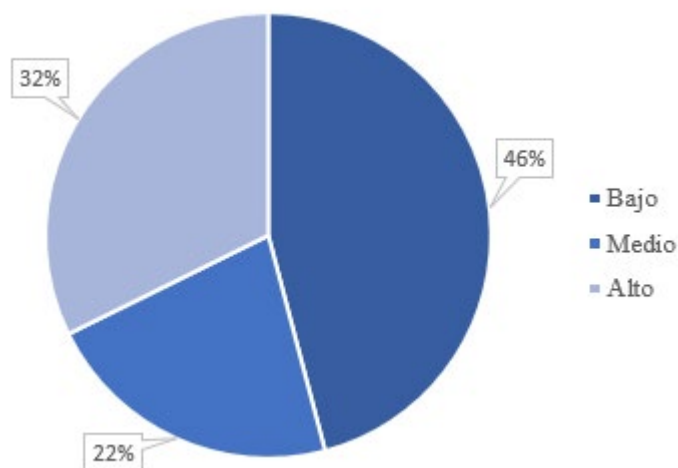


Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

A pesar de ello, los datos muestran que del total de la distribución de las transferencias otorgadas por PROCAMPO, el 32% fueron otorgadas al 11% con niveles de activos alto. Al

mismo tiempo, estos reflejan un promedio de 11981.79 pesos, mientras que para los productores de activos bajos es de 2532.27 pesos. A simple vista hay un problema de asignación bastante evidente, con lo que el enfoque del proyecto busca aportar si este se ve reflejado en el desempeño de los productores.

Gráfico 4. Transferencias totales por nivel de activos



Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

A continuación es presentada la tabla con las características de las variables utilizadas en el modelo y en el anexo 1.1 puede observarse su distribución por Estado:

Tabla 2. Estadística descriptiva de variables a utilizar

Variable	Observaciones	Unidades	Promedio	Desv. Est.	Min	Max
<b>i_semilla</b>	8,874	Kg*ha*mxn	331.235	558.928	14	6000
<b>i_superficie</b>	8,874	Ha	4.496	10.305	0.002	560
<b>i_fertilizante</b>	8,874	Kg*ha*mxn	7484.217	44913.69	2.05	1894200
<b>i_riego</b>	8,874	Ha	1.209	6.866	0	180
<b>i_herbicida</b>	8,874	Kg*ha*mxn	585.524	2612.263	0.97	100800
<b>i_plaguicida</b>	8,874	Kg*ha*mxn	525.016	3922.129	0.45	212500
<b>Ingreso PROCAMPO</b>	8,874	Mxn	4023.22	24009.23	0	1750000
<b>o_producción</b>	8,874	Toneladas	482.3965	1309.603	.025	60000

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Como fue mencionado anteriormente, los insumos muestran una diferenciación significativa en cuanto a mínimos y máximos refieren. Estas diferencias son reducidas al

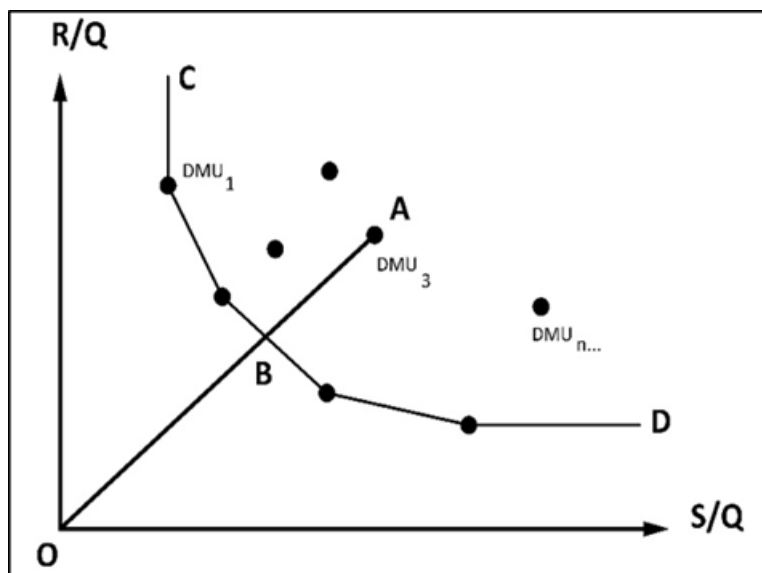
estratificar por Estado, aunque siguen siendo grandes (por temas de nivel de activos) ayudan a estrechar el sesgo que existe por variables exógenas a la producción, por ejemplo, diferencias geográficas.

## RESULTADOS

Para la aplicación del modelo DEA en los datos pertinentes a la investigación primero fueron divididas las UER por Estados. Como fue mencionado anteriormente, con el fin de evitar en mejor forma las diferencias regionales de producción y mejorar el análisis comparativo de los resultados. En suma, los productores fueron categorizados por escala productiva pero fueron comparados todos en el mismo modelo, es decir, no hubo discriminación entre las UER. El programa utilizado para calcular todos los resultados de el modelo fue MaxDEA 7 Basic.

Para entender mejor el resultado, el *score* refiere a la distancia radial que existe entre un productor y la frontera eficiente. En el gráfico se muestra un ejemplo para un producto (Q) con dos insumos (R, S):

Gráfico 5. Escala eficiente para cada DMU

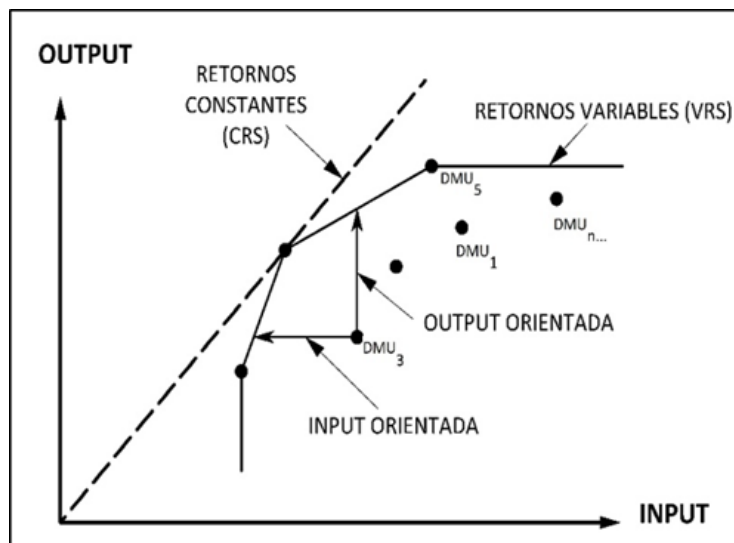


Fuente: Córdova & Alberto (2018)

Donde C-D representa la frontera eficiente. Entonces para la DMU 3 señalada en la función de distancia O-A, el radio de eficiencia está representado por el cociente de distancia

$(O,B) / (O,A)$ . Intuitivamente para todos los DMU que se encuentran en la frontera eficiente el cociente es igual a 1. Adicionalmente, para entender mejor los resultados de los modelos tenemos el siguiente gráfico:

Gráfico 6. Escala eficiente por tipo de modelo



Fuente: Córdova & Alberto (2018)

Donde observamos ambas fronteras eficientes para los CRS y VRS. En principio, para entender la orientación al *input* hay que observar que la distancia siempre implica una disminución, puesto que el producto es el que no varía al cambiar los *inputs*. Los DMU ineficientes se despanzan hacia la izquierda. Además, el *score* que se obtiene en el modelo representa al punto donde se tocan ambas fronteras en el gráfico, si una unidad se encuentra en la frontera VRS pero no en la frontera CRS, entonces no es eficiente de escala. Esto representa el cociente de CRS / VRS. La distancia radial es calculada en una escala de 0 a 1, lo que permite identificar los cambios proporcionales relevantes para cada factor de producción con el fin de alcanzar la frontera eficiente. Es decir, es posible identificar cambios porcentuales. Para esto, el modelo de eficiencia con orientación a los insumos permite identificar la variación de los insumos para obtener el *output* y, en su caso, la orientación al *output* permite observar la cantidad producida posible sin variar los insumos. En este caso, valores positivos implican un aumento en el factor de producción y un valor negativo figuran un decremento en el factor. Para que un productor sea considerado eficiente en escala debe cumplir con que su *score* para CRS y VRS sean iguales, idealmente la mayoría de los que conformen la frontera serán eficientes en ambos modelos.

Adicionalmente, serán presentados los *slack movement* para los insumos/producto que representan el movimiento adicional que necesitaría realizar un UER con el fin de alcanzar la frontera eficiente después de realizar los cambios obtenidos en el paso anterior. Es decir, el porcentaje de cambio para alcanzar una mejor eficiencia en producción. Consecuentemente, serán discutidos los *dual prices*, que representan los cambios que produce un ajuste en los insumos/producto en el sistema productivo; también conocido como el “precio sombra”. Cabe aclarar que las comparaciones entre los productores no están sujetas a ningún filtro de emparejamiento, esto quiere decir que los análisis resultantes tienen sesgos por construcción de modelo ( i.e. tamaño de muestra, características de las UER). Esta es una limitación importante al estudio de los resultados que aportaría más información al enfoque del proyecto.

Los resultados de los scores de eficiencia para cada modelo se muestran a continuación (para todos los datos):

Tabla 3. Resultado de los modelos calculados

Modelo	Observaciones	Promedio	Desv. Est.	Min	Max
CRS	8,874	0.191	0.2710797	0.000056	1
VRS	8,874	0.483	0.2654098	0.022727	1
Eficiencia de Escala	8,874	0.318	0.3604244	0.000125	1

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Lo primero que resalta a simple vista es observar que el promedio de eficiencia es bastante bajo, no obstante hay que recordar que en el análisis el 73% de la población es de nivel de activos bajos. Adicional a esto, la desviación estándar es de casi un 30% de eficiencia para cada modelo. Esto, de nuevo, por las grandes diferencias entre los productores grandes y pequeños (inclusive, hasta los medianos). Entonces, tenemos que esta información es concordante al diseño del modelo.

Ahora bien, como resultado principal del modelo encontramos que de las 8,874 UER estudiadas tan solo 334 conforman la frontera eficiente. Recordar que el modelo fue dividido por cada estado. De los cuales, 149 productores reciben la transferencia de PROCAMPO y 185 no la reciben. Cabe mencionar que de los 334 productores eficientes, 17 lo son a pesar de no serlo en los primeros dos modelos. Esto quiere decir que su score asignado para CRS y VRS son iguales pero no son 1.

En cuanto a dónde son dirigidas las transferencias, la tabla muestra la distribución sobre los niveles de activos tanto para la población eficiente como para la población no eficiente. En



este caso, tenemos que para las UER que no son eficientes las transferencias se encuentran en su mayoría en productores de activos bajos. En cambio, para las UER eficientes las transferencias pasan a su mayoría a los productores de activos altos. Aunado a esto, en ambos casos el promedio que recibe cada productor de activos altos es mucho mayor a los de activos bajos, inclusive, duplica en ambos casos a los productores medios.

Tabla 4. Transferencias promedio recibidas por nivel de activos

Variable	Frecuencia	Promedio	Desv. Est.	Porcentaje
<i>Eficientes</i>				
Alto	25	18060.92	36418.04	51.71
Medio	25	5465.32	6411.414	15.65
Bajo	99	2879.755	2532.11	32.65
<i>No eficientes</i>				
Alto	662	16729.55	84370.7	31.80
Medio	1,043	7339.503	10061.04	21.98
Bajo	4,270	3770.197	4896.287	46.22

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Con esto queda evidente que existen productores de bajos recursos que equiparan el nivel de eficiencia de los grandes productores que no están siendo beneficiados por el programa PROCAMPO. Adicionalmente, en la siguiente tabla se presenta la distribución de las transferencias de los productores divididos en la población total y los resultados de eficiencia. Observamos que la distribución es 69% para la población total y los ineficientes, pero cambia a un 44% si son analizados solo los productores eficientes.

Tabla 5. Frecuencia de productores que reciben apoyo PROCAMPO

Variable	Frecuencia	Porcentaje
<i>Población Total</i>		
Reciben PROCAMPO	6,124	69.01
No reciben PROCAMPO	2,750	30.99
<i>Productores Eficientes</i>		
Reciben PROCAMPO	149	44.61
No reciben PROCAMPO	185	55.39
<i>Productores ineficientes</i>		
Reciben PROCAMPO	5,975	69.96
No reciben PROCAMPO	2,565	30.04

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Esto es coherente con la hipótesis del proyecto puesto que confirma que, en principio, no se está apoyando de manera congruente a los productores que producen mejor. Incluso, como será presentado más adelante, las transferencias aún en productores eficientes se mantienen en posesión de las UER con niveles de activos altos.

Para continuar con este análisis, ahora se mostrará el resultado de los *slack movements* y cambios proporcionales de los modelos que agregan información pertinente a la línea de pensamiento. La tabla mostrará a la población eficiente y la tabla a la población ineficiente:

Tabla 6. Cambio proporcional y movimiento *slack* de población eficiente

Variable	Obs	Slack	Desv. Est.	Cambio Proporcional	Desv. Est.
<b>i_semilla</b>	334	-4.038072	24.30811	-19.60213	164.2172
<b>i_superficie</b>	334	-0.0340793	0.45303	-0.4004134	6.186739
<b>i_fertilizante</b>	334	-172.27	2035.302	-1079.685	18535.45
<b>i_riego</b>	334	-0.0362179	0.661906	-0.3424339	6.178072
<b>i_plaguicida</b>	334	-14.89907	249.0727	-129.4572	2316.817
<b>i_herbicida</b>	334	-6.746384	66.03065	-32.93495	495.8723
<b>o_produccion</b>	334	0	0	0	0

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Tabla 7. Cambio proporcional y movimiento *slack* de población no eficiente

Variable	Frecuencia	Slack	Desv. Est.	Cambio Proporcional	Desv. Est.
<b>i_semilla</b>	8,540	-11.34597	72.93198	-235.3634	485.2308
<b>i_superficie</b>	8,540	-0.2610279	3.013348	-2.875531	7.529161
<b>i_fertilizante</b>	8,540	-1004.074	4976.411	-5833.591	41778.85
<b>i_riego</b>	8,540	-0.1435423	0.7026297	-0.9531912	5.572649
<b>i_plaguicida</b>	8,540	-76.47044	710.3235	-412.2516	3351.056
<b>i_herbicida</b>	8,540	-108.9627	638.2447	-422.0195	2240.353
<b>o_produccion</b>	8,540	210.7887	495.5243	0	0

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

En principio, una vez resuelto el problema de maximización, con el objetivo de incrementar su eficiencia una UER debe recurrir a realizar el cambio proporcional mostrado en la tabla. Este primer cambio es el que acerca a la frontera eficiente y se refiere a la reducción en promedio de los insumos que tendrían que realizar los productores con el fin de mejorar su

sistema productivo sin afectar su producción total. Para cumplir esta meta, encontramos que los movimientos son negativos (por la orientación del modelo) , es decir, que los productores mexicanos de maíz están sobre utilizando los insumos.

Otras observaciones que llaman la atención son los altos cambios asignados a los fertilizantes, plaguicidas y herbicidas. En este sentido, podría ser ocasionado por varias razones:

1. Por sobre reportes de utilización y costos. En el caso de grandes productores con el fin de explicar donde son asignados sus ingresos y, en el caso de pequeños productores, con el fin de tener acceso a apoyos demostrando que sus costos rebasan su producción.
2. Por inexperiencia. Recordar que la base tiene en su mayoría productores de niveles de activos bajos por lo que, con el fin de mejorar su producción, podrían estar utilizando insumos que no manejan con constancia lo que inclusive podría dañar su sistema productivo.
3. Para concluir con esta perspectiva, destacar que el modelo muestra que las UER cuentan con retornos crecientes de escala lo que estaría explicando que los productores necesiten reducir sus insumos con el fin de llegar al mismo o mayor producto. Es muy probable que se deba a este efecto, sin embargo, estas variaciones llaman la atención.

Tabla 8. Retornos de escala

Retornos de escala	Frecuencia
Constantes	334
Decrecientes	170
Crecientes	8,370

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Ahora, son presentados los dual prices (precios sombra) de los insumos. Este precio indica que la función objetivo cambiará con proporción al valor del *dual price* si se cambia el valor con 1 unidad. En estos resultado no encontramos demasiada información, sin embargo, nos ayuda a resaltar que no existen grandes diferencias entre la población eficiente apoyada y no apoyada. Los insumos con mayores efectos sobre la producción son la superficie y la superficie con sistema de riego. Lo cual es interesante para la hipótesis porque refiere que un aumento en la superficie cultivada castiga la calificación de eficiencia, entonces, si un productor

quiere acceder a un mayor ingreso propablemente este afectando más su sistema productivo de lo que lo beneficie.

Tabla 9. Precio sombra para población eficiente apoyada

Variable	Frecuencia	Promedio	Desv. Est	Min	Max
i_semilla	149	-0.0040757	0.0074387	-0.0371901	0
i_superficie	149	-0.4319589	0.7039247	-4.901961	0
i_fertilizante	149	-0.0017268	0.0090064	-0.0759809	0
i_riego	149	-0.1882357	0.5904034	-4.09928	0
i_plaguicida	149	-0.003793	0.0188528	-0.1593182	0
i_herbicida	149	-0.0013908	0.0052726	-0.0579267	0
o_produc-cion	149	0.0142934	0.0527037	0	0.4857143

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Tabla 10. Precio sombra para población no eficiente no apoyada

Variable	Frecuencia	Promedio	Desv. Est	Min	Max
i_semilla	185	-0.0041788	0.0064437	-0.0333333	0
i_superficie	185	-0.6280605	2.511206	-32.11321	0
i_fertilizante	185	-0.0058107	0.0300301	-0.3134143	0
i_riego	185	-0.2163084	0.8492033	-8.830168	0
i_plaguicida	185	-0.0052432	0.0276883	-0.2383521	0
i_herbicida	185	-0.0105142	0.0820452	-0.9198699	0
o_produc-cion	185	0.0315321	0.0816352	0	0.4998118

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Además, el modelo otorga una proyección de mejora del sistema productivo. Son expuestas dos comparaciones entre muestras con características similares que ayudan con el sustento de la hipótesis. En primer lugar, se da la comparación entre UER eficientes con apoyo de PROCAMPO con nivel de activos alto contra las UER eficientes sin apoyo PROCAMPO con nivel de activos bajo:

Tabla 11. Comparación de variaciones para población eficiente

UER eficiente apoyado con nivel de activos alto						
Variable	Frecuencia	Proyección promedio	Desv. Est. Proyección	Promedio Original	Desv. Est. Original	Variación
i_semilla	25	203.624	212.4941	315.624	617.4475	-35%
i_superficie	25	14.89	32.07284	19.69	38.80421	-24%
i_fertilizante	25	5873.36	16289.99	20874.59	75543.15	-72%
i_riego	25	2.44	8.421599	7.44	25.89414	-67%
i_plaguicida	25	431.2	1511.181	2306.524	9406.825	-81%
i_herbicida	25	423.88	1395.403	824.5784	2364.893	-49%
o_produccion	25	5237.468	12263.97	5237.468	12263.97	0%
UER eficiente no apoyado con nivel de activos bajo						
Variable	Frecuencia	Proyección promedio	Desv. Est. Proyección	Promedio Original	Desv. Est. Original	Variación
i_semilla	120	287.3983	548.0291	294.0942	547.3067	-2.28%
i_superficie	120	3.7725	5.801624	3.839167	5.85433	-1.74%
i_fertilizante	120	5154.852	13642.92	5270.64	13679.62	-2.20%
i_riego	120	0.85	4.007136	0.85	4.007136	0%
i_plaguicida	120	411.705	1749.942	412.05	1749.86	-0.08%
i_herbicida	120	465.2517	1127.855	479.1705	1156.889	-2.90%
o_produccion	120	1835.124	2495.734	1835.124	2495.734	0%

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

En esta primer comparación lo que observamos es que, a pesar de que ambas poblaciones son eficientes, la población que no cuenta con PROCAMPO y tiene un nivel de activos bajo no necesita realizar demasiados ajustes a su sistema para seguir produciendo el mismo resultado. Por otra parte los productores apoyados y con niveles de activos llegan a niveles de reducción bastante altos. Adicionalmente, observar que los 3 insumos más ineficientes para productores grandes resultan: fertilizantes, riego y herbicidas; mientras que para productores más pequeños son: semillas, fertilizantes y herbicidas. Ambos coinciden tanto en fertilizantes como con herbicidas que concuerdan con los resultados obtenidos entre los cambios proporcionales y los movimientos *slack*.

Como segundo lugar, se da la comparación entre UER no eficientes con apoyo de PROCAMPO con nivel de activos alto contra las UER no eficientes sin apoyo PROCAMPO con nivel de activos bajo:

Tabla 12. Comparación de variaciones para población no eficiente

<b>UER no eficiente apoyado con nivel de activos alto</b>						
<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Proyección promedio</b>	<b>Desv. Est. Proyección</b>	<b>Promedio Original</b>	<b>Desv. Est. Original</b>	<b>Variación</b>
<b>i_semilla</b>	662	90.53128	159.4447	580.3789	843.3435	-84%
<b>i_superficie</b>	662	1.880146	6.57865	12.16336	29.59057	-85%
<b>i_fertilizante</b>	662	1501.651	18647.26	38499.67	147883.8	-96%
<b>i_riego</b>	662	0.3844767	6.197135	6.344955	18.71943	-94%
<b>i_plaguicida</b>	662	122.4951	1710.884	2575.893	10138.54	-95%
<b>i_herbicida</b>	662	76.9187	631.2742	2275.432	8408.565	-97%
<b>o_produccion</b>	662	420.8526	1016.577	268.3372	960.7648	57%
<b>UER no eficiente no apoyado con nivel de activos bajo</b>						
<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Proyección promedio</b>	<b>Desv. Est. Proyección</b>	<b>Promedio Original</b>	<b>Desv. Est. Original</b>	<b>Variación</b>
<b>i_semilla</b>	1,981	86.04864	131.1567	227.399	312.7046	-62%
<b>i_superficie</b>	1,981	0.9755679	1.275692	2.371442	2.535948	-59%
<b>i_fertilizante</b>	1,981	569.5503	3373.876	2536.136	7308.604	-78%
<b>i_riego</b>	1,981	0.0589281	0.9407056	0.1873924	1.256355	-69%
<b>i_plaguicida</b>	1,981	29.02274	226.7582	192.9231	818.0303	-85%
<b>i_herbicida</b>	1,981	45.48625	173.45	276.8526	622.1945	-84%
<b>o_produccion</b>	1,981	548.5144	711.5302	382.233	745.888	44%

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

En esta segunda comparación, ambas partes cuentan con variaciones grandes, esto dado que los dos grupos de productores son ineficientes. Lo interesante resulta al observar a productores con nivel de activos bajos que mantienen un producto promedio mayor a los grandes productores, aunque la posibilidad de mejora es mayor para las UER con activos altos. En este caso resalta más la sobre explotación de insumos utilizados, habría que analizar qué es lo que sucede realmente dentro de esta constante puesto que ya se observa que es un problema tendencioso. Reitero, probablemente tenga que ver con el reporte de gastos de los productores que cuentan con alguna transferencia de programas sociales (ya no sólo PROCAMPO).

Finalmente, tenemos que los resultados concuerdan con el diseño del modelo y podemos examinar tendencias adicionales. Los productores con niveles de activos bajos, a pesar de no estar recibiendo las transferencias de PROCAMPO, se encuentran produciendo de manera bastante redituable y son capaces de competir con productores grandes (en términos de

eficiencia) con lo que asignar mejores estrategias de apoyo a la producción es pertinente. Cabe destacar que los modelos DEA cambian conforme a como es construida la base de datos. Es decir, si cambiamos algunas UER, algunos insumos o productos, los resultados serán diferentes a los obtenidos en esta ocasión.

### CONSIDERACIONES ADICIONALES

Hay que tener en cuenta que al ser el DEA un modelos tan dependiente de su construcción, existe la posibilidad de que factores externos alteren la eficiencia de un productor sin estar necesariamente dentro de su sistema productivo. A continuación, la tabla presentará las características de los productores eficiente/no eficientes y sus hogares que podrían afectar el resultado:

Tabla 13. Características de los productores

	<b>Eficiente</b>	<b>No eficientes</b>
	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Edad</b>		
0-35	46	824
35-60	179	4597
>60	109	3119
<b>Escolaridad</b>		
N/A	133	3253
Primaria	201	5287
Secundaria	50	960
Preparatoria	14	202
Técnica	1	61
Universidad	11	172
Posgrado	1	4
<b>Sexo</b>		
Masculino	270	6974
Femenino	64	1566
<b>Lengua indígena</b>		
Sí	78	2069
No	256	6471

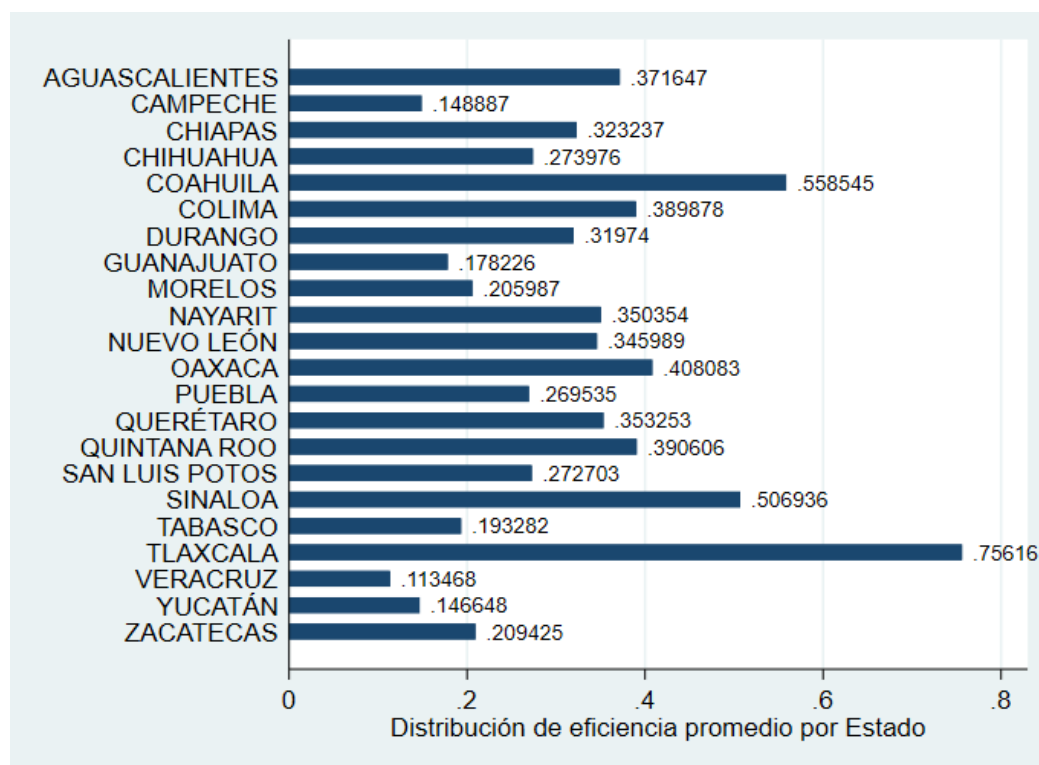
Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Además, para los productores que señalaron al maíz blanco como su producto principal de producción, al menos 2,994 dicen tener un segundo cultivo, 484 un tercero y, finalmente, 58 un tercero. Aunque estos números se reducen por repeticiones de maíz blanco (Anexo 1.3). Para

estas distribuciones el frijol figura como segundo cultivo preponderante, la calabaza cuando hay un tercer y, para un cuarto, solo especifican “otro”. Esto tiene relevancia puesto que tener más cultivos generan más costos, por lo que puede haber población calificada como no eficiente que pudo haber sido afectada por esta situación. De la población eficiente, 120 de 334 tienen por lo menos un segundo cultivo.

Asimismo, el siguiente gráfico muestra la distribución de eficiencia de escala por estado:

Gráfico 7. Distribución de eficiencia por Estado



Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

En esta referencia, puede observarse que, fuera del *outlier* de Tlaxcala, no existe una tendencia muy precisa hacia que zonas del país podría asignarse una mayor eficiencia. Esto puesto que a pesar de que Sinaloa y Coahuila son de los mejores, les siguen Oaxaca, Quintana Roo y Colima. Esto demuestra que el análisis por Estado fue correcto para eliminar algunos choques sobre territorio. No obstante, al hacer el análisis por regiones o municipios podría llevar a observar alguna tendencia interesante.



## CONCLUSIONES

Este trabajo utiliza un modelo de Análisis Envolvente de Datos para medir la eficiencia de escala para los productores de maíz blanco que reciben o son elegibles a recibir transferencias del programa PROCAMPO en México. Esto, con el objetivo de determinar si existen características que muestren que los productores con niveles de activos bajos pueden alcanzar niveles de eficiencia que obtienen los productores con niveles de activos altos. Por consiguiente, establecer que al ser elegibles al programa PROCAMPO (y siendo este un programa de apoyo social a la agricultura) merecen recibir transferencias económicas que son asignadas a productores ya eficientes (con ingresos altos) y productores ineficientes que por construcción del programa reciben el apoyo.

Los resultados obtenidos son congruentes con la hipótesis puesto que demuestran que los productores con niveles de activos bajos se desempeñan bastante bien dentro del mercado, sin embargo, este mismo no les beneficia. Existe la posibilidad que el solo hecho de recibir transferencias no mejore el desempeño de los productores, es por eso que el análisis de eficiencia permite observar otras variables que puedan beneficiar el desarrollo de estrategias de producción y sistemas de apoyo social. Si bien, queda abierto el análisis a una segunda etapa de eficiencia en la cual puedan observarse los choques externos que tengan impacto en el *score* de los productores, el alcance de este proyecto concluye.

## REFERENCIAS

- Abu, Orefi. (2011). Fertilizer Usage and Technical Efficiency of Rice Farms under Tropical Conditions: A Data Envelopment Analysis (DEA). *Journal of Agricultural Sciences*, 2.
- ARAPAU y asociados. (2011). Evaluación Estratégica al Programa de Apoyos Directos al Campo "PROCAMPO". Consultado el 20 de julio de 2020. <http://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/11/14/1529/14112018-evaluacion-estrategica-procampo.pdf>.
- Araya, Marcela C. González, and Nelson G. Valdés Valenzuela. (2009). Método de selección de variables para mejorar la discriminación en el análisis de eficiencia aplicando el modelo DEA. *Revista de Ingeniería Industrial*, 8, 45–56.
- ASERCA. Programa de Apoyos Directos al Campo. Resultados Principales. Informe enero-diciembre 2009. Coordinación General de Apoyos, ASERCA-SAGARPA. Consultado el 5 de agosto de 2020. <https://info.aserca.gob.mx/claridades/revistas/200/ca200-34.pdf>
- Ayaz, Saima & Anwar, Sofia & Hussain, Maqbool & Hussain, Zakir. (2011). Role of Agricultural Credit on Production Efficiency of Farming Sector in Pakistan- A Data Envelopment Analysis. *Pak J Life Soc Sci*, 9, 38-44.
- Banker R. Charnes A. & Cooper W. (1984). Models for Estimation of Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Bielik, P, and M Rajcaniova. (2004). Scale Efficiency of Agricultural Enterprises in Slovakia. *Agricultural Economics-Czech* 50 (8): 331–35.
- Charnes A., Cooper W. & Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research*, 2(6), 429-444.
- Córdova, F., & Alberto, C. (2018). Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1), 69-82.
- García Salazar, José Alberto. (2001). Efecto de Procampo sobre la producción y saldo de comercio exterior de maíz. *Agrociencia*, 36(6), 671-683.
- INEGI. (2017). Encuesta Nacional de Agricultura. Consultado el 13 de junio de 2019. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/>
- Juárez-Sánchez, José & Ramírez-Valverde, Benito. (2006). El programa de subsidios directos a la agricultura (procampo) y el incremento de la producción de maíz en una región campesina de México. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 2(2), 373-391.

- Li, N. Jiang, Y., Yu, Z., & Shang, L. (2017). Analysis of agriculture total-factor energy efficiency in China based on DEA and malmquist indices. *Energy Procedia*, 142, 2397-2402.
- Lilienfeld, A., & Asmild, M. (2007). Estimation of excess water use in irrigated agriculture: a data envelopment analysis approach. *Agricultural water management*, 94(1-3), 73-82.
- Mulwa, R., A. Emrouznejad, et al. (2009). Economic efficiency of smallholder maize producers in Western Kenya: A DEA meta-frontier analysis. *International Journal of Operational Research*, 4(3), 250-267.
- Murillo-Melchor, Carmen. (2002). Contribuciones al análisis estocástico de la eficiencia técnica mediante métodos no paramétricos. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.
- Mussa, E. C., Obare, G. A., Bogale, A. and Simtowe, F. (2011). Resource use efficiency of smallholder crop production in the central highlands of Ethiopia. *IFPRI*.
- OECD. (2006). Las políticas agropecuarias y pesqueras de México presentan un buen progreso pero son necesarias más reformas, asegura un reporte de la OCDE. Consultado el 12 de abril de 2020. <http://www.oecd.org/mexico/laspolicitasagropecuariasypesquerasdemexicopresentanunbu enprogresooperosonnecesariasmasreformasaseguraunreportedelaoecd.htm>
- Olmedo Vázquez, V. M., Minjares Lugo, J. L., Camacho Poyato, E., Hernández Hernández, M. L., & Rodríguez Díaz, J. A. (2017). Uso del Análisis Envoltante de Datos (DEA) para evaluar la eficiencia de riego en los Módulos del Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui (Sonora, México). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(2).
- Panpluem, Nalun & Mustafa, Adnan & Huang, Xianlei & Wang, Shu & Yin, Changbin. (2019). Measuring the Technical Efficiency of Certified Organic Rice Producing Farms in Yasothon Province: Northeast Thailand. *Sustainability*, 11.
- PROCAMPO | AGRICULTURA. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado el 17 de junio de 2020. Disponible en <http://www.agricultura.gob.mx/que-hacemos/procampo#:~:text=El%20objetivo%20del%20Programa%20de,en%20su%20conjunto%3B%20as%3AD%20como>
- Sala, Ramon & Musoles, M & Estellés, Trinidad & Bartual, Amparo. (1998). Un análisis de la eficiencia de los puertos españoles. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*.
- Salas-Eljatib, Christian & Ene, Liviu & Ojeda, Nelson & Soto, Héctor. (2010). Métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos para predecir variables de rodal basados en Landsat ETM+: una comparación en un bosque de Araucaria araucana en Chile. *Bosque*, 31, 179-194.

Sandoval, K. V., & Avila, D. D. (2019). Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica (Citrus in Mexico: Technical Efficiency Analysis). *Revista Análisis Económico*, 34(87), 269-283.

SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional: 2017-2030. Consultado el 28 de abril de 2020. [www.gob.mx/sagarpa](http://www.gob.mx/sagarpa)

Toma, Elena, Carina Dobre, Ion Dona, and Elena Cofas. (2015). DEA Applicability in Assessment of Agriculture Efficiency on Areas with Similar Geographically Patterns. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 6 (January), 704–711.

Zarazúa-Escobar, J. A., Almaguer-Vargas, G., & Ocampo-Ledesma, J. G. (2011). El programa de apoyos directos al campo (PROCAMPO) y su impacto sobre la gestión del conocimiento productivo y comercial de la agricultura del Estado de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 8(1), 89-105.

## **BASE DE DATOS**

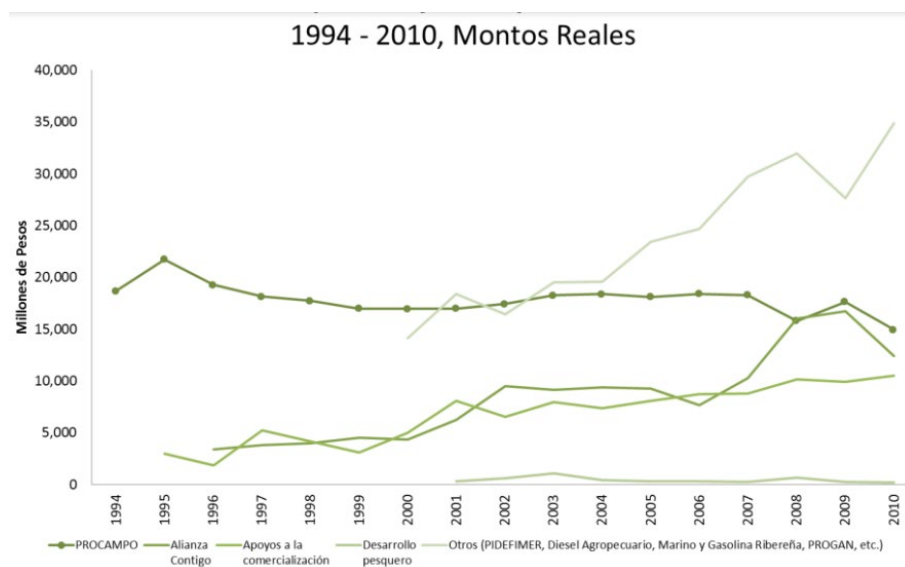
FAO-SAGARPA. (2012). Compendio de indicadores estratégicos del sector rural y pesquero. Consultado el 16 de mayo de 2019. Disponible con acceso restringido.

## APÉNDICE: PROCAMPO

El Programa de Apoyos Directos al Campo surgió a finales de 1993 como un apoyo compensatorio ante la apertura comercial derivada del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Así, PROCAMPO figuraría como un respaldo a los agricultores mexicanos con el fin de hacer más competitivo el mercado nacional, puesto que los subsidios de la contraparte estadounidense y canadiense hacían su producción más económica. Los beneficiarios de este programa generalmente orientan su actividad agrícola con fines comerciales, pero en muchos casos carecen del capital necesario para maximizar la explotación de sus unidades de producción. Es por esto que el efecto de PROCAMPO es favorable al cubrir parte de los costos de producción y fungir como un ingreso cierto y constante año tras año, lo cual disminuye el riesgo implícito de la actividad. (ARAPAU y asociados, 2011).

Desde su aparición, PROCAMPO ha sido una de las principales herramientas de política pública sectorial, con asignaciones presupuestales que representan en promedio el 32% de los recursos asignados a la SAGARPA. PROCAMPO es el programa de carácter agrícola de mayor impacto en el sector. Además, uno de los programas más reconocidos por los mismo productores agrícolas, ya que se encuentran familiarizados con el cumplimiento de sus requisitos y, en general, es un programa eficiente en cuanto a ejecución se refiere. (ARAPAU y asociados, 2011)

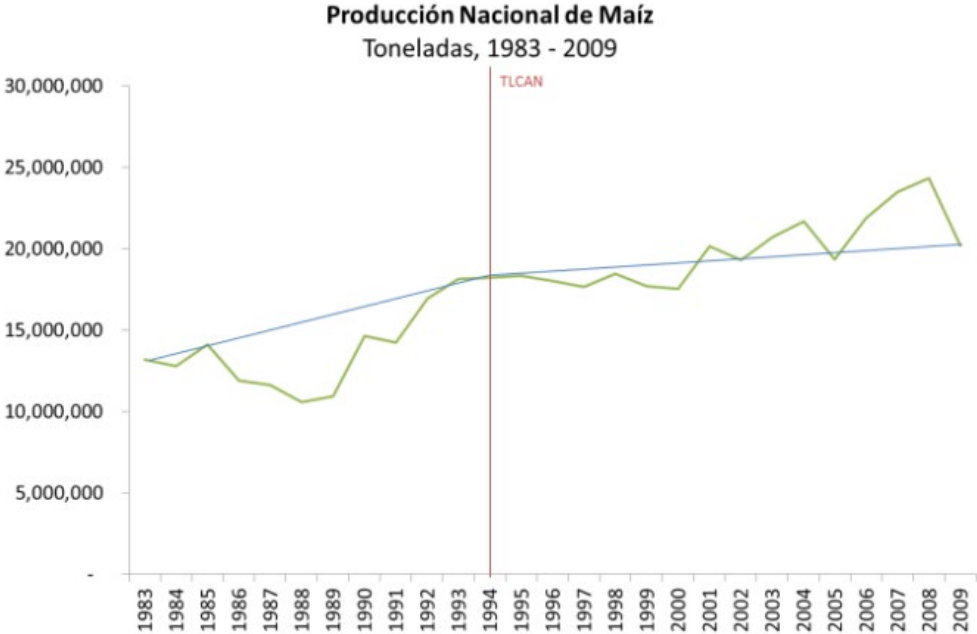
Gráfico 1.1 Presupuesto ejercido por SAGARPA



Fuente: ARAPAU y asociados, 2011.

Adicionalmente, PROCAMPO ha influido en gran parte a mejorar más la producción nacional, sin embargo, siguen existiendo ciertas irregularidades que no permiten que el programa sea tan eficiente como es esperado. Como observamos en el siguiente gráfico, a partir de la formación del TLCAN la producción nacional de maíz tiene una tendencia positiva, no obstante, presenta irregularidades en el transcurso de cada año.

Gráfico 1.2



Fuente: ARAPAU y asociados, 2011.

## ANEXOS

Anexo 1.1 Utilización promedio de los insumos e ingreso PROCAMPO por Estado

Estado	i_semilla	i_superficie	i_riego	i_fertilizante	i_herbicida	i_plaguicida	Ingreso PRO-CAMPO	o_producción
<b>Aguascalientes</b>	371.2585	5.303277	0.911	4010.972	329.053	23.31975	5229.518	10.33547
<b>Campeche</b>	341.8718	6.387909	0.0591	8517.627	1147.092	300.4165	5155.038	155.1112
<b>Chiapas</b>	254.1819	3.17243	0.079	4339.356	424.2278	259.171	2849.16	1076.05
<b>Chihuahua</b>	270.5975	10.6518	4.974	40290.25	1504.381	3065.717	20181.94	582.5418
<b>Coahuila</b>	134.5301	3.355723	0.362	126.9211	77.10289	1.10994	3290.738	2.426084
<b>Colima</b>	122.2461	5.425505	1.637	8846.125	2116.567	1039.112	5543.364	41.55293
<b>Durango</b>	329.2724	4.912007	0.9487	7598.429	632.7563	471.0617	5882.37	579.5039
<b>Guajuato</b>	895.7127	6.693482	3.205	23200.34	2098.595	995.3623	6585.628	247.5279
<b>Morelos</b>	356.371	1.811907	0.3767	5963.8	566.619	463.8056	960.6607	415.118
<b>Nayarit</b>	493.3062	4.615198	0.1101	10092.96	1268.931	206.6676	3938.264	730.4471
<b>Nuevo León</b>	87.5817	4.699079	0.1869	171.6024	9.677875	12.32537	4116.539	977.6108
<b>Oaxaca</b>	118.8666	1.842856	0.9022	1205.588	128.8717	30.95697	1128.821	785.9794
<b>Puebla</b>	202.7576	3.260659	0.3034	5642.197	394.9449	111.6828	3066.08	11.83203
<b>Querétaro</b>	310.5573	3.886237	1.251	4559.829	518.4528	265.9686	3305.417	491.0937
<b>Quintana Roo</b>	131.804	3.875	0.282	1925.842	365.4038	380.2988	3549.226	1180.877
<b>San Luis Potosí</b>	279.3474	4.989252	0.240	572.5855	262.1385	210.9047	4018.645	504.0424
<b>Sinaloa</b>	2305.451	17.3863	16.374	57963.7	2125.045	5023.72	13093.17	170.0479
<b>Tabasco</b>	267.471	2.406421	0.007	2307.024	401.0257	199.6499	1230.108	355.349
<b>Tlaxcala</b>	228.2811	2.629669	0.126	3938.766	402.2056	127.6403	1628.404	4.057962
<b>Veracruz</b>	187.4317	4.407068	0.112	5656.076	923.4635	873.0526	2704.482	47.84284
<b>Yucatán</b>	138.6016	2.840218	0.272	1769.678	478.0593	49.81573	2347.589	216.1233
<b>Zacatecas</b>	177.6615	5.735677	0.7981	4606.12	434.8175	125.2055	6354.927	345.9334

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)

Anexo 1.2 Distribución de cultivos adicionales

Cultivo 2	Frecuencia	Cultivo 3	Frecuencia2	Cultivo 4	Frecuencia3
N/A	5,880	N/A	8,390	N/A	8,816
ARROZ	5	ARROZ	2	AVENA CALA-	1
AVENA CALABA- CITA/	66 73	AVENA CALA- BAZA	25 104	BAZA	3
CEBADA	40	CEBADA	10	CEBADA	3
CHILE	41	CEBOLLA	4	CEBOLLA	1
FRIJOL	1,967	CHILE	29	CHILE	5
GARBANZO	6	FRIJOL GAR-	71	FRIJOL GAR-	6
HABA JITO- MATE/TO	29 14	BANZO HABA	7 14	BANZO HABA	1 3
LECHUGA	1	JITOMATE	10	JITOMATE	3
MAÍZ A	16	MAÍZ A	1	LECHUGA	1
OTRO	148	OTRO	66	MAÍZ A	2
PAPA	11	PAPA	12	OTRO	11
PEPINO	1	PEPINO	1	PAPA	2
RÁBANO	1	SANDIA	6	PEPINO	2
SANDIA	10	SORGO	23	SORGO	1
SORGO	149	TRIGO	33	TRIGO	6
TRIGO	61				
<b>Adicional</b>	<b>2639</b>	<b>Adicional</b>	<b>418</b>	<b>Adicional</b>	<b>51</b>

Elaboración propia con datos de la Línea de Base de SAGARPA (2008)