

## EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA DE EXTENSIONISMO RURAL EN MÉXICO, CON BASE EN MODELOS ECONOMETRICOS LINEALES Y NO LINEALES

Paulino Benigno-Cruz<sup>1</sup>, Humberto Vaquera-Huerta<sup>\*1</sup>, Gustavo Ramírez-Valverde<sup>1</sup>, Sergio Pérez-Elizalde<sup>1</sup>,  
Hilda Victoria Silva-Rojas<sup>2</sup>, Victor Manuel Santos-Chávez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. Carretera México-Texcoco Km. 36.5. 56264. Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Estadística.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. Carretera México-Texcoco Km. 36.5. 56230. Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Calz. del Hueso No. 1100, Edificio F, 3er. Piso. Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán. 04960.

\*Autor de correspondencia: hvaquera@colpos.mx

### RESUMEN

Las políticas públicas de extensionismo rural, son vistas a nivel internacional como factor determinante para acelerar la innovación agrícola e incidir en la reducción de la pobreza rural. Por ello, cobra relevancia la evaluación de sus resultados. El objetivo de la investigación, fue evaluar el mejoramiento en los ingresos de los beneficiarios 2014-2015 de la política de extensión rural en México. Datos a nivel de predio desagregados por grupos de beneficiarios y no beneficiarios, fueron utilizados para evaluar los resultados con base en una variable explicativa de ingreso. Se utilizó una base de datos con una población estadística de 1,083 productores, de los cuales, 58.5% fueron beneficiarios y el resto no beneficiarios. Se ajustaron dos modelos de regresión para comparar resultados. El modelo de regresión lineal múltiple con base en mínimos cuadrados ordinarios, se ajustó en un primer momento y posteriormente, otro modelo no lineal tipo generalizado aditivo con variable dependiente tipo Pareto, adicionalmente, se utilizó un modelo de árboles de regresión aditivos bayesianos, para comprobar el efecto de la política sobre el ingreso de los beneficiarios. Los resultados exhiben que el modelo generalizado aditivo con una distribución Pareto y una función liga de identidad, fue el mejor modelo según el criterio de información de Akaike. En los modelos ajustados, se demostró que ser beneficiario de la política de extensión rural, tiene un efecto positivo sobre el ingreso de los productores. Esto implica que la política evaluada, mejoró el ingreso entre sus beneficiarios.

**Palabras clave:** evaluación de políticas públicas, innovación agrícola, modelos de regresión.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de extensionismo rural y las políticas públicas asociadas a brindar asistencia técnica, constituyen acciones y estrategias que abarcan actividades de suministro de información y de asesoramiento que solicitan los agricultores y otros actores en los sistemas agroalimentarios (Christoplos, 2010). Según Blockeel *et al.* (2023) este tipo acciones, son vistas como prioritarias para lograr objetivos globales de transición hacia sistemas alimentarios más inclusivos, resilientes y sostenibles. Lo anterior, implica abordar un conjunto complejo de problemas socioeconómicos, como la pobreza rural, la desigualdad, la volatilidad de precios agrícolas, el hambre, pero también, problemas ambientales, como la degradación de suelos, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. Hoy en día, es ampliamente reconocido, el papel que pueden jugar en el logro de estos objetivos

**Citation:** Benigno-Cruz P, Vaquera-Huerta H, Ramírez-Valverde G, Pérez-Elizalde S, Silva-Rojas HV, Santos-Chávez VM. 2024. Evaluación de la política de extensionismo rural en México, con base en modelos econométricos lineales y no lineales. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i3.1621>

**Editor in Chief:**  
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: May 29, 2023.  
Approved: August 4, 2023.

**Estimated publication date:**  
June 18, 2024.

This work is licensed  
under a Creative Commons  
Attribution-Non-Commercial  
4.0 International license.



los sistemas de extensión rural, como parte de los sistemas de innovación agrícola (Läpple and Hennessy, 2015; Tollier *et al.*, 2021; UN, 2022).

En América Latina, las políticas de extensión rural, fueron muy amplias en diferentes países durante las décadas de los años 60 y 70. En la mayoría de los países de dicha región, el Estado, fue el principal proveedor de este tipo de servicios, la política de extensión en la región estuvo basada en un sistema público centralizado.

No obstante, a partir de los años 80 y sobre todo en la década de los 90, hubo un proceso de desmantelamiento de los sistemas nacionales de extensión rural, una de las principales causas, según Preissing *et al.* (2014), estuvo asociada a un alto costo operativo e impactos/resultados de dichas políticas inciertos. En general, se advertían procesos de insatisfacción con los resultados obtenidos por las políticas de extensión rural. Además, había una perspectiva de que los servicios de extensión rural, tenían un bajo impacto en la resolución de problemas de los productores agropecuarios. Lo que a su vez se traducía, en que la política no lograba mejorar las condiciones de vida de los productores.

Diversos autores han señalado, que en las últimas décadas, hay un nuevo impulso a las acciones de extensionismo rural en México y América Latina (De Rosa and Bartolli, 2017; Klerkx *et al.*, 2016); en este sentido, se advierte que el extensionismo, ha recobrado centralidad en agendas de gobierno y de investigación, por la importancia que se le ha dado como política de combate a la pobreza rural, la desigualdad y la inseguridad alimentaria, para incrementar la productividad y los ingresos de pequeños productores del medio rural. Incluso Preissing *et al.* (2014), enfatizan que hay un interés renovado de los gobiernos de América Latina por colocar los asuntos del desarrollo rural, incluido el extensionismo rural, en las agendas políticas de los gobiernos, lo que sin lugar a dudas, lleva poner en el ámbito de las políticas públicas un examen de los resultados de estas acciones, pues históricamente hubo una ausencia de seguimiento y evaluación que permitiera conocer los efectos de corto, mediano y largo plazos en este tipo de políticas públicas.

En este contexto, la presente investigación, se propone evaluar los resultados de la política de extensión rural en México, a través de la comparación de modelos econométricos para seleccionar aquel que permita evaluar de manera más robusta, el impacto de la política de extensión rural en el periodo 2014-2015. La hipótesis de investigación, establece que no hay un efecto positivo de la política de extensión sobre el ingreso de los beneficiarios. Se utilizaron datos del sistema de monitoreo y evaluación del Componente de Extensión e Innovación Productiva del Programa Integral de Desarrollo Rural en México 2015. Los datos, contienen información sobre resultados de beneficiarios y no beneficiarios. Dado este conjunto de observaciones, se compararon modelos econométricos, para medir el impacto de la política utilizando como variable explicativa, el ingreso de los productores.

## MARCO TEÓRICO

### **Evaluación de políticas públicas: un enfoque econométrico**

El extensionismo rural en México y a nivel internacional, ha recobrado notoriedad tanto en el ámbito de los gobiernos como en las agendas de investigación, ello, debido a su trascendencia en la atención de la pobreza rural, la desigualdad y la inseguridad alimentaria,

a través de la transferencia de tecnologías y conocimientos a productores rurales, con la finalidad de incrementar productividad e ingresos y por ende, estimular el desarrollo rural (Knook *et al.*, 2018; Cawley *et al.*, 2019).

Según el Foro Global de Servicios de Asesoría Rural (GFRAS, por sus siglas en inglés), la extensión rural, como actividad desarrollada en políticas públicas, incluye tres grandes estrategias: a) transferencia de tecnologías e información, que a su vez, abarca actividades de intercambio de conocimientos sobre mercados, insumos, clima, entre otros; b) consejos relacionados con gestión empresarial y organización, que incluye la asesoría a agricultores individuales y organizaciones de productores, sobre formas de incursionar en mercados, así como la facilitación de la gestión empresarial y el apoyo al desarrollo institucional e innovación social a organizaciones; y c) facilitación e implementación en el desarrollo rural y en cadenas de valor, que constituye, la colaboración en la intermediación y promoción de vínculos entre agricultores y sus organizaciones, con los sectores públicos y privados, facilitando la retroalimentación de los grupos de agricultores, con empresarios, por ejemplo, para el acceso a crédito, seguro agrícola, pago por servicios ambientales, entre otros (GFRAS, 2012).

Lo anterior, permite entender que se ha visto al extensionismo rural, como un instrumento de política que juega un rol preponderante en el mejoramiento en general de la productividad en el sector agrícola, a través del incremento de los ingresos de los productores (Läpple and Hennessy, 2015), esto lleva a considerar, la evaluación de este tipo de intervenciones, como elemento fundamental.

La evaluación de políticas públicas, busca medir la manera en que un programa público, ha impactado en los problemas que pretendía atender; se trata de una modalidad que contrasta el impacto de una intervención, por ejemplo, con el “antes y el después” o compara el impacto de esa intervención, entre un grupo que fue sometido a la intervención y otro grupo que no lo fue (grupo control), es decir, contrastar qué pasó, con lo que podría haber pasado de no haber intervenido (Parsons, 2007).

Una dimensión dentro de la evaluación de políticas públicas, es la relativa a los modelos de evaluación de impacto, que se refiere al uso preponderante de métodos estadísticos y enfoques experimentales. Estos enfoques, buscan aplicar los principios de la experimentación a los problemas sociales; se basan, en el uso de técnicas donde se estudia un problema antes y después de la intervención pública. La evaluación de impacto, emplea técnicas que tienen como propósito, analizar un grupo control y otro experimental, para después compararlos entre sí y medir la efectividad de determinada política pública, con respecto a una situación en la que no hubo intervención (Parsons, 2007).

En el caso del extensionismo rural, representa un instrumento de política cuyo propósito, es la consecución de objetivos de interés público para promover el desarrollo rural, a través de procesos de transferencia de conocimiento a los agricultores y otros actores de los sistemas agroalimentarios (Santos *et al.*, 2019).

En este sentido, resulta imprescindible evaluar los logros de la política de extensión rural con base en evidencia empírica, basados en metodologías confiables, que permitan tener un nivel de confianza sobre los efectos directos de dicha política pública. La evaluación de

impacto, permitirá tener una valoración sistemática y objetiva de la política, con lo que se puede determinar la pertinencia y el logro de sus objetivos, así como el efecto en los ingresos de los productores, dado que esta variable ha sido definida, como uno de los objetivos de la política de extensionismo rural en México en los últimos años.

La evaluación de políticas públicas, visto lo anterior, es un ejercicio que permite conocer el nivel de desempeño un programa público y explicarlo tomando en consideración, el problema público que le dio origen. En esta investigación, se parte de un enfoque de evaluación que está orientado, a la aplicación de técnicas econométricas para medir el desempeño y tener información acerca de la efectividad y los resultados, considerando para ello, el impacto sobre el ingreso de los beneficiarios de la política pública de extensionismo rural en México. Se trata de una evaluación cuyo enfoque se basa, en técnicas y procedimientos econométricos. La medida de desempeño, se expresa en un análisis comparativo entre dos grupos. Un grupo de personas, que fueron beneficiarios de la política de extensionismo rural y otro grupo de no beneficiarios. La evaluación realizada en esta investigación, busca centrarse en los resultados, referidos estos últimos, a las consecuencias finales del programa para las personas a las que se busca atender.

Justamente, uno de los resultados esperados de la política de extensión, fue incrementar los ingresos de los productores agrícolas beneficiados por dicha intervención. En este sentido, en esta investigación, se parte de un enfoque general sobre la evaluación de impacto, el cual aduce que la "...acepción de impacto es el efecto o los efectos netos del programa, después de considerar qué habría sucedido de no haberse implementado. Desde, el punto de vista operativo significa examinar los impactos para los participantes del programa y los impactos para una población equivalente, que no haya participado en el programa..." (Weiss, 2015:57).

En consecuencia, tomando un enfoque de evaluación de impacto amplio, se analiza el efecto en el ingreso en dos grupos de personas para evaluar los resultados de una política determinada con base en métodos econométricos, específicamente, en modelos de regresión, los cuales según Wooldrige (2015), son muy útiles a la hora de evaluar los efectos de una política cuando hay que apoyarse en datos no experimentales.

### **El modelo de regresión lineal múltiple**

El modelo de regresión lineal múltiple, es el vehículo más empleado para el análisis empírico de la economía, y el método de mínimos cuadrados ordinarios, el más utilizado para estimar los parámetros de dicho modelo. Según Stasinopoulos *et. al* (2017), este modelo, representa un instrumento simple pero efectivo que ha servido a la comunidad estadística en el último siglo. Con una variable respuesta  $y$ ,  $r$  covariables y un tamaño de muestra  $n$ , puede expresarse como:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_r x_{ir} + \varepsilon_i \quad (1)$$

donde  $\beta_0$  es el intercepto;  $\beta_1$  es el parámetro asociado con  $x_{i1}$ ;  $\beta_2$  es el parámetro asociado con  $x_{i2}$ ;  $\beta_3$  es el parámetro asociado con  $x_{i3}$ ;  $\varepsilon_i$  es el término error o perturbación que

contiene otros factores distintos de  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_r$  que pueden afectar a  $y_i$ . En este tipo de modelo de regresión  $y_i$  tiene una distribución:

$$y_i \sim N(\mu_i, \sigma^2)$$

donde  $\mu_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_r x_{ir}$  para  $i=1,2,3,\dots,n$ . Para obtener las estimaciones de mínimos cuadrados ordinarios se reescribe el modelo de la ecuación (1) en forma vectorial:  $y = X\beta + \varepsilon$ . Donde  $y = (y_1, \dots, y_n)^T$  representa el vector respuesta, y en el caso de  $X$  representa la matriz diseño  $n \times p$  con  $p=r+1$ ; que contiene  $r$  columnas o covariables, más una columna de unos. Para estimar los coeficientes de  $\beta$  a través del método de mínimos cuadrados ordinarios se minimiza la suma de los residuales cuadrados, es decir, dadas  $n$  observaciones sobre la variable  $y$ , y sobre las variables  $x_1$  y  $x_2$ ,  $\{(x_{i1}, x_{i2}, y_i) : i=1,2,\dots,n\}$ , las estimaciones de las  $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2$  se eligen de manera simultánea para que

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2})^2$$

sea tan pequeña como sea posible. Haciendo una generalización para estimaciones de  $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$  se tendría la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik})^2$$

El problema de minimización, se resuelve obteniendo las condiciones de primer orden de los mínimos cuadrados ordinarios como se expone a continuación:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik}) \\ & \sum_{i=1}^n x_{i1} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0 \\ & \sum_{i=1}^n x_{i2} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0 \\ & \dots \\ & \sum_{i=1}^n x_{ik} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \dots - \hat{\beta}_k) = 0 \end{aligned}$$

A estas ecuaciones, se les denomina condiciones de primer orden de mínimos cuadrados ordinarios. Estas ecuaciones, se obtienen con el método de los momentos, bajo el supuesto de  $E(u)=0$  y  $E(x_j u)=0$  donde  $j=1,2,\dots,k$ .

Para simplificar las expresiones, se recurre a notación matricial. Las condiciones de primer orden se simplifican mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} X'(y - X\hat{\beta}) &= 0 \\ (X'X)\hat{\beta} &= X'y \end{aligned}$$

Asumiendo que la matriz simétrica  $X'X$  de  $(k+1) \times (k+1)$  no es singular, se puede multiplicar ambos lados de la expresión  $(X'X)\hat{\beta} = X'y$  por  $\hat{\beta}$  de mínimos cuadrados ordinados y se tiene el estimador de mínimos cuadrados ordinarios:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'y$$

### El modelo de aditivo generalizado para posición, escala y forma

Los modelos aditivos generalizados para posición, escala y forma (GAMLSS, por sus siglas en inglés), constituyen modelos de regresión tipo semi-paramétricos. Este tipo de modelos son, por una parte, paramétricos, ya que requieren partir del supuesto de que la variable dependiente tiene distribución paramétrica (tipo beta, gamma o incluso normal); y son semi-paramétricos, en el sentido de que la modelación de los parámetros de la distribución, se realiza de forma independiente, como funciones de variables explicativas usando funciones no paramétricas (Stasinopoulos *et al.*, 2017).

Los modelos GAMLSS, al igual que los modelos lineales generalizados, asumen que la variable dependiente  $y$ , sigue una distribución de la familia exponencial con una media que puede ser modelada en función de otras variables (predictores) y cuya varianza, se calcula a través de una constante de dispersión y una función tipo  $\nu(\mu)$ .

Lo anterior, lleva a considerar, como un elemento específico del modelo, que la varianza, asimetría y curtosis, no se modelan en función de las variables predictoras sino de manera indirecta, a través de su relación con la media.

Los modelos GAMLSS, asumen observaciones independientes  $y_i$  para  $i=1,2,\dots,n$  con una función de probabilidad  $f(y_i|\theta^i)$  condicionada a  $\theta^i=(\theta_{1^i},\theta_{2^i},\theta_{3^i},\theta_{4^i})=(\mu, \sigma, \nu, \tau)$  un vector de cuatro parámetros de distribución, cada uno de ellos, puede ser una función de las variables explicativas. En este modelo los parámetros de distribución son  $\mu, \sigma, \nu, \tau$ .

La formulación original, definida por Stasinopoulos *et al.* (2017), parte de la premisa siguiente: dado  $y^T=(y_1,y_2,\dots,y_n)$  conocido como el vector de longitud  $n$  de la variable respuesta; además con  $k=1,2,3,4$ ,  $g_k(\cdot)$  conocidas como las funciones de enlace que relacionan los parámetros de distribución a las variables explicativas dadas por:

$$g_k(\theta_k) = \eta_k = X_k \beta_k + \sum_{j=1}^{jk} Z_{jk} \gamma_{jk} \quad (2)$$

donde  $\theta_k$  y  $\eta_k$  son vectores de longitud  $n$ ,  $\theta_k^T = (\theta_{1k}, \theta_{2k}, \dots, \theta_{nk})$ ,  $\beta_k^T = (\beta_{1k}, \beta_{2k}, \dots, \beta_{J_k k})$  es un parámetro de longitud  $J_k$ , y a su vez  $X_k$  es una matriz diseño de orden  $n \times J_k$ , y la variable  $Z_{jk}$ , representa una matriz de diseño fija  $n \times q_{jk}$  y  $\gamma_{jk}$  es una variable aleatoria  $q_{jk}$ -dimensional.

El modelo de la ecuación (2) es justamente definido como el modelo GAMLSS:

$$gk(\theta_k) = \eta_k = X_k \beta_k + \sum_{j=1}^{jk} Z_{jk} \gamma_{jk}$$

Los vectores  $\gamma_{jk}$  para  $j=1,2,\dots,j_k$  se pueden combinar dentro de un vector simple  $\gamma_k$  con un matriz simple de diseño  $Z_k$ . La formulación del modelo GAMLSS permite combinaciones de diferentes tipos de efectos aleatorios.

Los términos empleados dentro del contexto de los modelos GAMLSS para referirse a los parámetros de localización, escala y forma son  $(\mu, \sigma, \nu, \tau)$ . En el caso de los parámetros  $\mu, \sigma$  éstos están referidos a parámetros de ubicación y escala; mientras que los parámetros  $\nu, \tau$  se caracterizan como parámetros de forma, por ejemplo, parámetros de asimetría y curtosis (Stasinopoulos *et al.*, 2007). Con:

$$Y \sim D(\mu, \sigma, \nu, \tau), \text{ con } Y = X^T \beta$$

$$g_1(\mu) = \eta_1 = X_1 \beta_1 + \sum_{j=1}^{j_1} Z_{j1} \gamma_{j1},$$

$$g_2(\sigma) = \eta_2 = X_2 \beta_2 + \sum_{j=1}^{j_2} Z_{j2} \gamma_{j2},$$

$$g_3(\nu) = \eta_3 = X_3 \beta_3 + \sum_{j=1}^{j_3} Z_{j3} \gamma_{j3},$$

$$g_4(\tau) = \eta_4 = X_4 \beta_4 + \sum_{j=1}^{j_4} Z_{j4} \gamma_{j4}$$

donde  $Y \sim D(\mu, \sigma, \nu, \tau)$  es la distribución de la variable dependiente (pueden ser menos parámetros);  $X$  contiene los términos lineales del modelo y  $\beta$  son los coeficientes lineales.  $f_i(x_i)$  son funciones de suavizado no lineales (*smooth*) de cada predictor.

Según Stasinopoulos *et al.* (2017), el modelo GAMLSS, es más general que los modelos lineales generalizados y permite modelar variables dependientes de la familia exponencial, pero, además, de manera más amplia, modelos que no están limitados a ese tipo de familias, es decir, permiten incorporar distribuciones que no son de la familia exponencial y modelar explícitamente, cada uno de sus parámetros en función de las variables predictoras, empleando funciones lineales y no lineales.

## METODOLOGÍA

En este apartado, se presenta la caracterización de la base de datos (BD) utilizada para estimar los modelos de regresión y posteriormente, se detalla el procedimiento para la estimación de los parámetros con base en los modelos de regresión. El ajuste de los modelos y análisis descriptivo se realizó en ambiente RStudio® versión 4.1.2.

### Base de datos utilizada

Durante el periodo 2014-2017, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la entonces Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), establecieron un esquema de monitoreo y evaluación, que, en el caso del año 2015, incluyó a beneficiarios y no beneficiarios de la política de extensionismo rural a nivel nacional.

Se utilizó la BD 2015, misma que tiene una dimensión de 1,083 productores distribuidos en 10 estados de la república mexicana. En cada entidad federativa incluida en la BD, se aplicó un muestreo estratificado con representación estatal, con nivel de confianza de 95% y un error de 10% (SAGARPA, 2017).

El análisis de la BD, refleja que se trata de una población formada principalmente, por hombres (79.3%) que constituyen pequeños productores agropecuarios con una edad promedio de 59 años y una escolaridad equivalente a secundaria incompleta (7.2 años de estudio). En promedio, la superficie de las unidades de producción es de 19 hectáreas (h), los activos productivos con los que cuentan (infraestructura, maquinaria y equipo, y medios de transporte), equivalen a \$97,556.4 MXN (2015=100). En términos de los ingresos reportados, éstos ascienden en promedio a \$267,689.8 MXN (2015=100). Los grupos de extensión donde participaron estos productores, estuvieron conformados en promedio por 26.6 productores (Cuadro 1).

Del total de la muestra en la BD, 41.45% de la población, es no beneficiario, dado que, al momento del levantamiento de la encuesta, con un diseño probabilístico, estos productores reportaron no haber recibido el apoyo correspondiente, no obstante, se les aplicó el cuestionario, con lo cual, se tiene un grupo con el cual comparar los resultados. En este sentido, se considera que tener dos grupos en la población estudiada, cuya información deriva de un proceso aleatorio en la selección de unidades de muestreo, permite realizar una investigación con enfoque de políticas públicas orientado a medir el resultado de la política de extensión rural a través de la medición del cambio en una variable de ingreso económico.

**Cuadro 1.** Características de la base de datos utilizada en el análisis.

Estado	n	Sexo (%)		Edad	Escolaridad	Tamaño del predio (h)	Activos productivos (MXN \$)	Ingreso (MXN \$)	Tamaño grupo de extensión
		H	M						
Chiapas	114	91.2	8.8	58.2	4.3	17.0	921.1	64,374.0	22.8
Guanajuato	119	84.9	15.1	60.6	6.6	19.4	77,537.8	584,967.0	21.1
Estado de México	123	69.1	30.9	57.0	9.3	5.3	123,375.6	153,618.8	18.5
Michoacán	145	82.1	17.9	58.7	7.2	22.5	125,840.0	247,737.4	24.5
Oaxaca	120	74.2	25.8	60.6	6.5	19.6	55,389.2	472,334.3	34.0
Puebla	148	68.2	31.8	58.6	7.2	6.9	23,850.0	68,672.2	35.3
San Luis Potosí	75	70.7	29.3	56.5	7.2	26.8	68,636.0	140,681.8	27.6
Sinaloa	61	86.9	13.1	58.8	9.5	29.1	186,221.3	561,091.8	17.3
Tabasco	71	87.3	12.7	62.4	7.3	19.5	66,944.8	165,967.7	48.1
Zacatecas	107	86.0	14.0	59.6	7.9	36.8	294,045.4	307,179.4	17.4
Totales/Promedio	1,083	79.3	20.7	59.0	7.2	19.0	97,556.4	267,689.8	26.6

Fuente: elaboración propia con base en SAGARPA (2017).

La verificación empírica de los resultados sobre los ingresos de los beneficiarios de la política de extensión rural, se logra con un elemento metodológico que caracteriza la BD, y es que ésta permite asegurar que el grupo control es muy similar al grupo tratado, debido a que fue seleccionado mediante un proceso aleatorizado *ex post*, donde se identificó durante la encuesta aplicada, qué individuos recibieron el apoyo y cuáles no. A continuación, se presentan las características más importantes del grupo control y el grupo tratado, que permiten establecer que ambos grupos son muy similares (Cuadro 2).

La edad promedio del grupo de no beneficiarios y de beneficiarios, respectivamente, es similar, ambos grupos reportaron una edad promedio en el año 2015 de 59 años. Al indagar sobre en la variable escolaridad, también se puede constatar que hay un nivel de escolaridad similar, en beneficiarios una escolaridad equivalente a 7.35 años estudiados en el sistema escolar, mientras que los no beneficiarios, reportaron una escolaridad ligeramente inferior de 6.94 años estudiados.

El tamaño de la unidad de producción, tampoco presenta diferencias importantes. Mientras los beneficiarios reportaron tener en promedio una unidad de producción de 18.51 h, los no beneficiarios declararon tener predios de 19.77 h (Cuadro 2).

La variable nivel de activos, presenta ligeras diferencias entre los grupos. Los beneficiarios, cuentan con una mayor inversión en el nivel de activos, equivalente a \$116,381.87, por su parte, los no beneficiarios, tienen nivel de capitalización de \$70,974.45. El nivel de ingreso de los productores, también presenta diferencias sustanciales entre ambos grupos. Los beneficiarios de la política de extensión rural en 2015, reportaron tener un ingreso anual de \$320,047.31, mientras que los no beneficiarios, declararon tener un ingreso anual de \$177,526.36 (Cuadro 2). El análisis descriptivo de estas características, muestra que hay diferencias importantes en las dos variables de ingreso (nivel de activos e ingresos) de los grupos estudiados.

#### **Análisis de las variables incluidas en los modelos**

Dado que el objetivo de la investigación es obtener un modelo que permita evaluar el efecto de la política de extensión sobre el ingreso, manteniendo constante los otros factores que afectan el ingreso, como el sexo, la escolaridad, la edad, el tamaño del predio y la superficie de la unidad de producción, a continuación, se presenta un análisis de la relación entre el ingreso y las variables que pueden afectarlo.

**Cuadro 2.** Características de beneficiarios y no beneficiarios 2015.

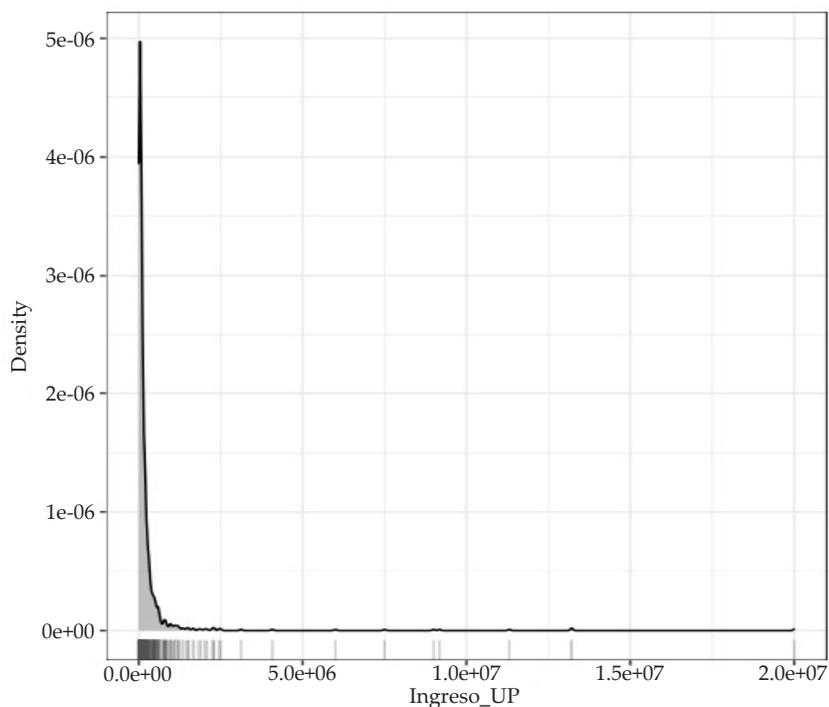
Variable	Beneficiarios	No beneficiarios
Frecuencia	634	449
Edad promedio	58.9	59.2
Escolaridad promedio	7.35	6.94
Tamaño del predio promedio (h)	18.51	19.77
Nivel de activos promedio (MXN \$)	116,381.87	70,974.45
Ingreso promedio (MXN \$)	320,047.31	177,526.36

Fuente: elaboración propia con base en SAGARPA (2017).

### Ingreso de los beneficiarios: función de distribución tipo Pareto

La función de densidad del ingreso de los productores (Figura 1), muestra una curva asimétrica, típica de las funciones de densidad de ingresos, es decir, una distribución sesgada con colas pesadas. Este tipo de distribuciones, ha sido estudiado como distribuciones tipo Pareto, gracias a las aportaciones del economista francés Vilfredo Pareto, quien observó que el número de personas en una población cuyos ingresos excedían  $x$ , muy a menudo se aproxima a la expresión  $Cx^{-\alpha}$ .

A nivel internacional, el análisis de diferentes funciones de densidad de ingresos, ha mostrado que sólo en la cola superior de las distribuciones de ingresos, se puede esperar un comportamiento similar al de la expresión establecida por Pareto, es decir:  $Cx^{-\alpha}$  (Arnold, 2015). En consecuencia, se estableció la Ley de Pareto que postula que las distribuciones de ingresos tienen colas pesadas. Las distribuciones tipo Pareto, como la del ingreso (Figura 1), y sus estrechas relaciones y generalizaciones, proporcionan una familia muy flexible de distribuciones de colas pesadas que pueden usarse para modelar distribuciones de ingresos, así como una amplia variedad de otras distribuciones sociales y económicas. Es por esta razón que la ley de Pareto y la distribución de Pareto, siguen siendo temas de actualidad (Arnold, 2015).



Fuente: elaboración propia.

**Figura 1.** Función de densidad de probabilidad de variable ingreso de los productores.

Según Arnold (2015), las distribuciones tipo Pareto, se pueden estudiar a partir de dos modelos, el primero expresado de la siguiente manera:

$$\bar{F}(x) = Cx^{-\infty}$$

En este modelo,  $\bar{F}(x)$  representa la proporción de individuos en una población donde el ingreso excede  $x$ , por ende, para valores mayores o más grandes que  $x$  se recurre a la expresión  $\bar{F}(x) = Cx^{-\infty}$ . Esta expresión es conocida como la “Distribución clásica de Pareto”, de la cual se desprenden diferentes funciones de densidad, que son justamente extensiones de la distribución clásica. La distribución clásica de Pareto, con su respectiva distribución sesgada con colas pesadas, es el modelo para analizar variables de ingreso más aceptada en la teoría económica moderna. Con base en esta característica, la modelación del ingreso, como variable dependiente del modelo a utilizar, se basará en una distribución tipo Pareto. Es decir, se ajustará un modelo de regresión específicamente para distribuciones de ingreso tipo Pareto. Se utilizará una distribución tipo Pareto II, propuesta por Arnold (2015), para modelar el ingreso como variable explicativa. Para distribuciones tipo Pareto II el modelo está dado por:

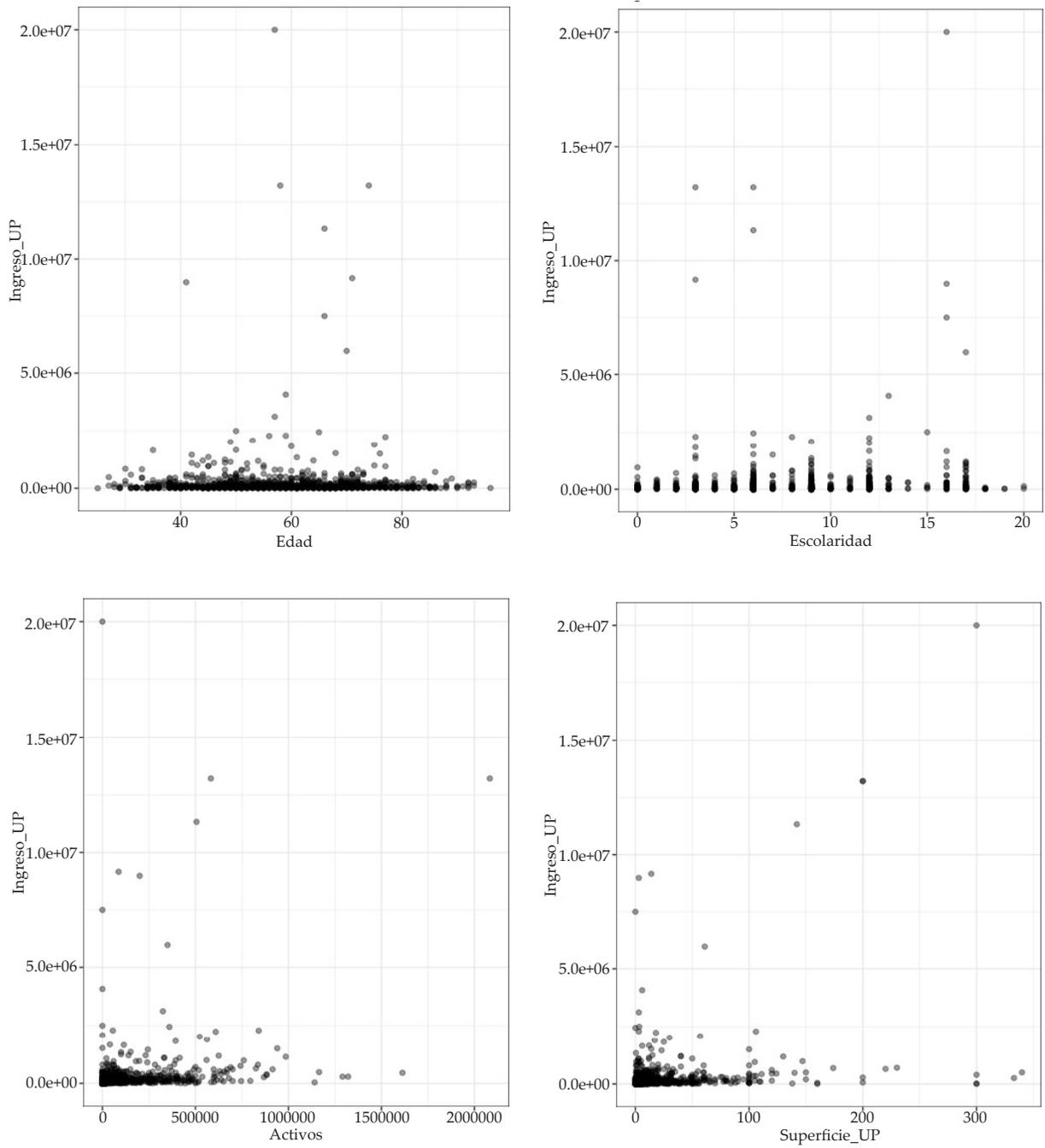
$$f(x; \sigma; \kappa) = \frac{1}{\sigma} \left(1 - \frac{kx}{\sigma}\right)^{\frac{1-k}{\sigma}} I(x > 0, (kx) / \sigma < 1) \quad (3)$$

donde  $\sigma > 0$  y  $-\infty < \infty$

En este modelo de distribución la densidad  $k=0$  es obtenida mediante la estimación del límite  $k \uparrow 0$ . La densidad es de tipo  $k < 0$ . Es de notar que esta característica, arroja una densidad exponencial, lo que a su vez, corresponde con una distribución de la familia Beta. Una vez analizado el tipo de variable dependiente que se utilizará en la modelación, a continuación, se describe la relación entre la variable ingreso y las variables independientes. Se advierte que la relación entre ingreso y las variables escolaridad, edad, nivel de activos productivos, y tamaño del predio, es una relación positiva, y al parecer, no lineal (Figura 2). Para comprobar que la relación es positiva en todos los casos, se utilizó un análisis de correlación de Pearson. Al comprobar que la relación entre ingreso y las demás variables es positiva, se puede asumir que a medida que aumentan la edad, la escolaridad, el tamaño del predio y los activos de la unidad de producción, aumenta el ingreso de los productores (Cuadro 3). El análisis presentado en los apartados precedentes, proporciona información respecto a qué efectos esperar y qué variables resultarían importantes para estimar diferencias entre beneficiarios y no beneficiarios de la política de extensión rural. A continuación, se presentan los elementos metodológicos de los modelos de regresión.

### Regresión lineal

Utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios, se estimaron los coeficientes  $\beta$  del siguiente modelo:



Fuente: elaboración propia.  
**Figura 2.** Relación de variable ingreso con resto de variables.

**Cuadro 3.** Análisis de correlación entre variable ingreso y resto de variables.

Factor	Correlación Pearson	t	Df	p-value
Ingreso y edad	0.008461506	0.26705	996	0.7895
Ingreso y escolaridad	0.09964073	3.1619	997	0.001615
Ingreso y activos	0.2580386	8.4332	997	< 2.2e-16
Ingreso y superficie de UP	0.3246763	10.752	981	< 2.2e-16

Fuente: elaboración propia.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i4} + \beta_5 x_{i5} + \beta_6 x_{i6} + \beta_7 x_{i7} + \varepsilon_i$$

donde  $y$ : ingreso de los productores;  $x_1$ : recibió o no el apoyo;  $x_2$ : edad de los productores;  $x_3$ : sexo de los productores;  $x_4$ : escolaridad de los productores;  $x_5$ : tamaño del predio;  $x_6$ : activos productivos del predio;  $x_7$ : tamaño del grupo de extensión rural en el que participaron los productores.

Se utilizó como variable dependiente el ingreso de los productores; una hipótesis sobre la distribución de esta variable, es que se trata de tipo no lineal. Ello supone que podría no haber una relación lineal entre la variable dependiente y las variables independientes.

En seguida se presenta la descripción de las variables dependiente e independientes incluidas en el modelo de regresión lineal múltiple (Cuadro 4).

### Modelo de GAMLSS con variable dependiente tipo Pareto

En el ajuste del modelo GAMLSS, se utilizaron las mismas variables dependiente e independientes empleadas en el modelo de regresión lineal múltiple. A continuación, se presenta la fórmula de la función de densidad de probabilidad que se operacionalizó en el software RStudio® para el modelo de regresión correspondiente. La variable dependiente, se modeló como una variable tipo Pareto II, con una función de densidad de probabilidad de la forma:

$$f_Y(y | \mu, \sigma) = \frac{\sigma^{-1} \mu^{1/\sigma}}{(y + \mu)^{(\sigma+1)+1}}$$

para  $y > 0$ ,  $\mu > 0$  y  $\sigma > 0$ .

### Métricas para comparar los modelos de cada método de estimación

En este apartado, se presenta el método para seleccionar el mejor modelo según el criterio de información de Akaike (AIC). Según Faraway (2015), el AIC se utiliza en la práctica, a partir de la distancia Kullback-Leibler, que mide la aproximación del modelo calculado con los datos reales, se emplea para evaluar modelos, jerarquizándolos según el valor del AIC, aquel que minimiza dicho valor, se considera el mejor modelo. El AIC se define como:

**Cuadro 4.** Variables incluidas en el modelo de regresión lineal múltiple.

Variable	Definición	Valor y unidad de medida
Dependiente:		
Ingreso de los productores	Ingreso de productores	Continua (pesos de 2015)
Independientes:		
Recibió o no el apoyo	Productores que recibieron o no el apoyo en 2015	Dummy 0= No recibió, 1= Sí recibió
Edad	Edad de los productores	Continua (años)
Sexo	Sexo de los productores	Dummy 0= Hombre, 1= Mujer
Escolaridad	Escolaridad de los productores	Continua (años)
Tamaño del predio	Superficie del predio	Continua (hectáreas)
Activos de la unidad de producción	Activos del predio en infraestructura, maquinaria y equipo, y medios de transporte	Continua (pesos de 2015)
Tamaño del grupo de extensión	Número de personas que integraron los grupos de extensión	Continua (número de personas)

Fuente: elaboración propia.

$$AIC = -2\log(\mathcal{L}(\hat{\theta})) + 2K$$

donde  $\log(\mathcal{L}(\hat{\theta}))$  es el logaritmo de la máxima verosimilitud, que permite determinar los valores de los parámetros libres de un modelo estadístico;  $K$  es el número de parámetros libres del modelo.

#### Modelo de árboles de regresión aditivos bayesianos (BART)

Se ajustó un modelo de árboles de regresión aditivos bayesianos (BART), para comprobar la hipótesis de la investigación. Según Hill *et al.* (2020), los BART, proporcionan un enfoque flexible para ajustar una amplia variedad de modelos de regresión, mientras evitan fuertes suposiciones paramétricas. El BART, está integrado en un marco inferencial bayesiano, para respaldar la cuantificación de la incertidumbre y proporcionar un enfoque basado en principios para la regularización a través de la especificación previa. Los modelos BART, son un modelo de suma de árboles para aproximar una función desconocida  $F$ . El modelo, maneja el sobreajuste de una manera que se basa en datos, proporcionando intervalos de incertidumbre coherentes. Al igual que otros métodos de conjunto, cada árbol, actúa como un aprendiz débil, explicando solo una parte del resultado. Todos estos árboles, son de un tipo particular llamado árboles de decisión. El árbol de decisiones, es un modelo muy interpretable y flexible, pero también es propenso al sobreajuste. Para evitar el sobreajuste, BART usa una regularización previa que obliga a cada árbol, a poder explicar solo un subconjunto limitado de las relaciones entre las covariables y la variable predictora.

Para un vector  $p$  dimensional de predictores  $x_i$  y una respuesta  $Y_i(1 \leq i \leq n)$  el modelo BART plantea:

$$Y_i = f(x_i, z) + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2)$$
$$f(x, z) = g(x, z, T_1, M_1) + g(x, z, T_2, M_2) + \dots + g(x, z, T_m, M_m)$$

donde  $f$  se presenta como la suma de diversos árboles de regresión. El bloque de construcción de BART es el árbol de regresión. Un árbol de regresión crea una partición del espacio de co-variables en subgrupos; el ajuste del árbol será el mismo para cada observación en un subgrupo dado. En esta ecuación, cada una de las funciones  $g$  representa el ajuste de un árbol individual,  $T_b$  representa la estructura de la  $b^{\text{th}}$  árboles, y el correspondiente  $M_b = (\mu_{b1}, \mu_{b2}, \dots, \mu_{bb})$  representa el conjunto de subgrupos correspondiente a los nodos terminales  $bb$  del árbol  $b$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estimaciones de los parámetros del modelo de regresión lineal

Los resultados muestran, que hay cinco variables estadísticamente significativas para explicar la variable ingreso. Estos son el intercepto, los activos productivos, el tamaño del predio, la escolaridad de los productores y la variable más importante de la investigación: ser o no beneficiario de la política de extensión rural. El análisis de bondad de ajuste del modelo, utilizando una  $R^2$  ajustada, muestra que siete variables independientes, explican únicamente 14.2% ( $R^2=0.1422$ ) de la variación de la variable ingreso. Este valor ligeramente bajo, no necesariamente significa que la ecuación resultante del modelo no sea útil. Las estimaciones de mínimos cuadrados ordinarios, en este modelo, son útiles para ver el efecto *ceteris paribus* en el ingreso, siendo o no beneficiario de la política de extensión rural. El modelo muestra, que ser beneficiario de la política de extensión rural, tiene un efecto positivo en el ingreso de los beneficiarios, en comparación con productores no beneficiarios.

Este modelo muestra que todos los estimadores  $\beta$  tienen efecto positivo en la variable ingreso de los beneficiarios. El Cuadro 5, muestra que los productores participantes en los grupos de extensión rural, tienen un ingreso superior a aquellos productores que no participaron en las acciones de extensión en el año 2015.

El valor del AIC del modelo fue de 27,878 con un *p-value* de  $<2.2e-16$ . Con base en la regresión lineal múltiple se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = -370900 + 135200x_1 + 2111x_2 + 58820x_3 + 19980x_4 + 867x_5 + 0.9098x_6 + 538.6x_7$$

Estos resultados, están en línea con los encontrados por Läßle *et al.* (2015 y 2013), quienes identificaron tasas de retorno positivas en el ingreso de productores de leche de bovino, que participaron en programas de extensión rural en Irlanda, comparados con productores que no participaron en dichas acciones de política.

**Cuadro 5.** Estimación de parámetros usando regresión lineal múltiple.

Variable	Estimación	Error estándar	Valor de t	Pr(> t )
Intercepto	-370,900	211,900	-1.750	0.0804 .
Apoyo recibido: Sí	135,200	73,230	1.846	0.0652 .
Edad	2,111	2,883	0.732	0.4643
Sexo: Mujer	58,820	87,970	0.669	0.5039
Escolaridad	19,980	8,815	2.267	0.0237 *
Tamaño del predio	8,671	9,88.9	8.768	< 2e-16 ***
Activos productivos	0.9098	0.1854	4.906	1.1e-06 ***
Tamaño del grupo	538.6	669.2	0.805	0.4211

Nivel de significancia: 0 '\*\*\*', 0.001 '\*\*', 0.01 '\*', 0.05 '.', 0.1 ' ' 1; p-value: 2.2e-16; observaciones totales: 911. Se excluyeron 172 observaciones por información incompleta.  
 Fuente: elaboración propia.

Se observa, que hay dos variables con alto nivel de significancia estadística para explicar el ingreso de los productores, estas son: el tamaño del predio y el nivel de activos de la unidad de producción. Resulta congruente, que el tamaño del predio, esté relacionado positivamente con el nivel de ingreso, es también una variable de ingreso, pues con mayor extensión en superficie en producción un productor, puede obtener mayores volúmenes de producción y, en consecuencia, mayores ingresos.

Este hallazgo, revela congruencia en términos de la teoría económica en los signos de los estimadores del modelo ajustado. En el caso de la variable activos productivos, que incluye infraestructura, equipo y maquinaria, y medios de transporte, representa también, una variable de ingreso. Por tanto, está estrechamente relacionada con la variable del ingreso de los beneficiarios. Por lo cual, junto con la variable de superficie, son las dos variables más importantes para explicar la variable dependiente.

Otro hallazgo sobresaliente y que está en concordancia con diferentes estudios que han analizado la relación entre el ingreso y la escolaridad, es el relativo justamente, a la relación en estas variables en el modelo ajustado.

En el caso de la política de extensionismo rural, la escolaridad está relacionada positivamente con el ingreso de los productores, es decir, mientras se incrementa el nivel escolar de un beneficiario, se tiene una probabilidad positiva de tener mayores ingresos. Las variables sexo y edad, no son estadísticamente significativas a la hora de explicar el comportamiento de los ingresos en los beneficiarios.

### Estimaciones de los parámetros del Modelo GAMLSS

Las estimaciones de los parámetros del modelo GAMLSS, muestran una diferencia importante con respecto al modelo de regresión lineal múltiple y es que, en primera instancia, el parámetro sexo de los beneficiarios, cambia de signo en el modelo GAMLSS. En el resto de predictores los parámetros, mantuvieron su signo (Cuadro 6).

Con base en la regresión tipo GAMLSS se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = 10.95 + 0.1735x_1 + 0.003807x_2 - 0.4498x_3 + 0.5995x_4 + 0.00629x_5 + 0.0000025x_6 + 0.000537x_7$$

Empleando el criterio del valor AIC, se puede determinar que el modelo GAMLSS, tiene un mejor desempeño comparado con el modelo de regresión lineal. El valor del AIC en mínimos cuadrados, es de 27,878 y en GAMLSS de 23,502.

Es importante destacar, que el análisis de la variable explicativa más importante para efectos de la investigación, muestra que en general, ser beneficiario de la política de extensión, tiene un efecto positivo sobre el ingreso de los productores beneficiarios, comparado con el grupo de no beneficiarios de dicha política. Esto lleva a establecer, que las acciones implementadas por el Componente de Extensionismo Rural en México durante 2015, ayudaron a mejorar los ingresos de sus beneficiarios.

El efecto positivo en el ingreso, derivado de la estimación del coeficiente de la variable explicativa “Recibió el apoyo: Sí”, muestra un resultado a mediano plazo, pues se está evaluando el resultado de la intervención en el periodo 2014-2015. Es preciso señalar, que la probabilidad de que continúen los efectos positivos a largo plazo en los beneficiarios, podría cambiar si se hace el ejercicio para un periodo más amplio. Sin embargo, el análisis de la evidencia empírica circunstancial del periodo estudiado, mostró un resultado positivo en los ingresos de los beneficiarios.

Los resultados de la investigación, guardan correspondencia con aquellos encontrados por Lápplé y Hennessy (2015), quienes detectaron mayores ingresos y rendimientos productivos entre beneficiarios de grupos de extensión en Irlanda, específicamente, en el caso de ganadería bovina lechera. Además, Lyne *et al.* (2018), también encontraron que participar en grupos de extensión, contribuye a incrementar el ingreso de pequeños agricultores en una región de Sudáfrica. En ambos casos, resulta interesante resaltar, que se trata de acciones de extensión rural diseñadas como política pública, y el extensionismo, es visto como bien público, además, los resultados también se basan en métodos econométricos.

**Cuadro 6.** Estimación de parámetros usando regresión tipo GAMLSS.

Variable	Estimación	Error estándar	Valor de t	Pr(> t )
Intercepto	10.95	0.2836	38.616	< 2e-16 ***
Apoyo recibido: Sí	0.1735	0.09811	1.768	0.077378 .
Edad	0.003807	0.003853	0.988	0.323389
Sexo: Mujer	-0.4498	0.1174	-3.833	0.000135 ***
Escolaridad	0.05995	0.01166	5.142	3.34e-07 ***
Tamaño del predio	0.006292	0.001115	5.642	2.25e-08 ***
Activos productivos	0.000002507	0.0000001879	13.339	< 2e-16 ***
Tamaño del grupo	0.0005376	0.0008949	0.601	0.548154

Nivel de significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Sigma link function: log. Observaciones totales: 911. Se excluyeron 172 observaciones por información incompleta. Grados de libertad: 9.

Fuente: elaboración propia.

Un resultado interesante que contrasta en los dos modelos, es el relativo a la variable sexo. Mientras en el modelo de regresión lineal, esta variable resultó no ser estadísticamente significativa y con una estimación en el parámetro calculado positiva, en el modelo GAMLSS, resulta un coeficiente beta negativo y estadísticamente significativo ( $p=0.000135$  \*\*\*).

Esto, es especialmente útil en términos de los métodos de innovación empleados en la política de extensión y es que los resultados muestran, que las diferentes acciones de extensión llevadas a cabo, tienen un efecto diferenciado entre hombres y mujeres, en general, la evidencia muestra que, si una mujer participa en los grupos de extensión, tiene una alta probabilidad de disminuir sus ingresos, comparado con los hombres. Esto, podría ser un problema que requiere una cuidadosa reflexión, en términos de los retos de las políticas a nivel internacional, sobre la importancia del enfoque de género en la agricultura. Este hallazgo, coincide con los resultados de Santos *et al.* (2023), quienes encontraron que, en México, las mujeres que participan en los grupos de innovación derivados de la política de extensión rural, tienen menor probabilidad de adoptar prácticas y tecnologías en sus predios.

#### **Análisis del modelo de árboles de regresión aditivos bayesianos**

El modelo BART, es computacionalmente eficiente, en comparación con sus competidores, incluye implementaciones de última generación para resultados continuos, binarios y categóricos. En este caso, la variable respuesta, fue el ingreso de la unidad de producción, el tratamiento fue convertido en variable categórica en 0, para no recibió apoyo y 1, para los que sí recibieron apoyo. Los factores de confusión fueron las covariables de edad, escolaridad, tamaño del predio, superficie de la unidad de producción, y activos productivos. Se ajustó una colección de modelos de tratamiento y respuesta, utilizando el algoritmo Bayesian Additive Regression Trees (BART), que produce estimaciones de los efectos del tratamiento a través de la función `bart` en el software RStudio®.

Las estimaciones, se ajustan a partir de 911 observaciones totales, con un intervalo creíble de 95%, calculado por: aproximación normal de la población TE aproximada por: distribución predictiva posterior. Resultado basado en 100 muestras posteriores, multiplicadas por 10 cadenas.

De acuerdo con el Cuadro 7, el intervalo de confianza inferior y superior de 5.908 a 28.1, se descarta la contención del 0 en este intervalo, por lo cual, se concluye que, sí existe efecto de ser beneficiario sobre el ingreso de la unidad de producción, lo cual, refuerza los resultados obtenidos con los anteriores modelos estudiados.

#### **CONCLUSIONES**

En términos de política pública, específicamente de evaluación de políticas públicas, los modelos de regresión, fueron de utilidad para comprobar que hay un efecto positivo en los ingresos de los beneficiarios de la política de extensión, comparado contra un grupo control de productores no beneficiarios de dicha política. En ambos modelos, la estimación del coeficiente de beta correspondiente a la variable binaria (recibió el apoyo: Sí/No) es

**Cuadro 7.** Resultado del modelo de árboles de regresión aditivos bayesianos.

	Estimación	Desviación estándar	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
ATE	17.01	5.665	5.908	28.11

Fuente: elaboración propia.

positiva para los productores que “Sí” recibieron el apoyo. Ello sugiere que, la política de extensionismo rural, puede jugar un papel importante en la oferta de servicios orientados hacia pequeños agricultores y poblaciones rurales, con el objetivo de aumentar sus conocimientos y mejorar sus ingresos y contribuir así, al bienestar general en el ámbito rural. El modelo de regresión lineal múltiple, es de utilidad para demostrar que hay un efecto positivo en los ingresos de los productores beneficiarios, sin embargo, el modelo presentó un valor de  $R^2$  de 0.1422, lo que obliga a considerar, un modelo más robusto para estimar el efecto de una política pública sobre los ingresos de sus beneficiarios.

El modelo tipo GAMLSS, es más robusto que el lineal clásico, al menos, para modelar el efecto que tiene una política pública sobre una variable ingreso con distribución Pareto2. Este modelo, presentó el valor más bajo en el AIC, comparado contra el valor respectivo del modelo lineal clásico. Adicionalmente, de acuerdo con el modelo de árboles de regresión aditivos bayesianos, se concluye que existe efecto de ser beneficiario sobre el ingreso de los productores, lo cual refuerza los resultados obtenidos con los anteriores modelos estudiados.

El uso de estos modelos, representa un ejemplo relevante con base en el uso de evidencia empírica para el análisis y evaluación de políticas públicas, donde lo que interesa conocer, es el efecto de programas públicos sobre un variable de ingreso, en este caso, el efecto de un programa social de extensión rural, sobre el ingreso de las personas beneficiarias.

## REFERENCIAS

- Arnold B. 2015. Pareto Distributions. Monographs on Statistics and Applied Probability 140. Second Edition. Taylor & Francis Group. A Chapman & Hall Book. United States of America, 2015. 408 p.
- Blocheel J, Chuluunbaatar D, Holley A, Sulaiman R, Djamen B, and Grovermann C. 2023. Taking a snapshot of Extension and Advisory Systems performance and outcomes: insights on a semi-quantitative evaluation approach. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 29(4). 489-509. DOI: 10.1080/1389224X.2022.2089178.
- Cawley A, O'Donoghue C, Heanue K, Hilliard R, Sheenan M. 2019. The impact of agricultural knowledge transfer resources on farm level profitability during the economic recession – a quantitative study. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 25(3). 181-177. DOI: 10.1080/1389224X.2019.1583816
- Christoplos I. 2010. *Cómo movilizar el potencial de la extensión agraria y rural*. 1ª Edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2010. 68 p.
- De Rosa M, Bartoli L. 2017. Do farm advisory services improve adoption of rural development policies? An empirical analysis in GI areas. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 23(5). 461-474. DOI: 10.1080/1389224X.2017.1347099.
- Faraway J. 2015. *Linear models with R*. Second Edition. Editorial: Taylor & Francis Group. United States of America, 2015. 270 pp.
- Foro Global para los Servicios de Asesoría Rural (GFRAS). 2012. *Guía para evaluar la extensión rural*. 1ª Edición. Foro Global para los Servicios de Asesoría Rural. Suiza, 2012. 60 p.
- Hill J, Linero A, Murray J. 2020. Bayesian Additive Regression Trees: A Review and Look Forward. *Annual*

- Review of Statistics and Its Application. 7(1). 251-278. DOI: 10.1146/annurev-statistics-031219-041110
- Klerkx L, Landini F, Santoyo-Cortés H. 2016. Agricultural extension in Latin America: current dynamics of pluralistic advisory systems in heterogeneous contexts. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 22(5). 389-397. DOI: 10.1080/1389224X.2016.1227044.
- Knook J, Eory V, Brander M, Moran D. 2018. Evaluation of farmer participatory extension programmes. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 24(4). 309-325. DOI:10.1080/1389224X.2018.1466717.
- Läpple D, Hennessy T. 2015. Assessing the impact of financial incentives in extension programmes: Evidence from Ireland. *Journal of Agricultural Economics*. 66(3). 781-795. DOI: 10.1111/1477-9552.12108.
- Läpple D, Hennessy T, Newman C. 2013. Quantifying the economic return to participatory extension programmes in Ireland: An endogenous switching regression analysis. *Journal of Agricultural Economics*. 64(2013). 467-482.
- Lyne M, Jonas N, Ortmann G. 2018. A quantitative assessment of an outsourced agricultural extension service in the Umzimkhulu District of KwaZulu-Natal, South Africa. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 24(1). 51-64. DOI: 10.1080/1389224X.2017.1387159.
- Parsons W. 2007. Políticas Públicas. Una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas. 1ª Edición. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales/Miño y Dávila Editores. México, 2007. 816 p.
- Preissing J, Ardilla S, Buitrón J, Fernández C. 2014. Nuevas inversiones en extensión para la agricultura familiar. *In: Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política*. Primera Edición. Salcedo, S. y Guzmán, L. (eds). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Chile. pp: 215-231.
- Santos V, Álvarez A, Pérez F, Pérez L. 2019. El extensionismo rural mexicano: análisis coyuntural con enfoque de políticas públicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(1). 63-77. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1117>.
- Santos V, Arana O, Martínez M, Garza L, Mora J, Santoyo H. 2023. Determinantes de la innovación agrícola entre pequeños agricultores en México. Una aplicación econométrica del Modelo Tobit. *Agrociencia*. 57(2). 339-368. DOI: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i2.2878>.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Compendio de indicadores de gestión y resultados 2015. Componente de Extensión e Innovación Productiva del Programa Integral de Desarrollo Rural. 1ª Edición. SAGARPA. México. 85 pp.
- Stasinopoulos M, Rigby R, Heller G, Voudouris V, De Bastiani F. 2017. Flexible Regression and Smoothing using GAMLSS in R. Taylor & Francis Group. A Chapman & Hall Book. United States of America, 2017. 550 p.
- Toillier A, Mathé S, Saley A, Faure G. 2021. How to assess agricultural innovation systems in a transformation perspective: a Delphi consensus study. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 28(2). 163-185. DOI: 10.1080/1389224X.2021.1953548.
- United Nations (UN). 2022. The Sustainable Development Goals Report 2022. United Nations Publications. United States of America, 2022. 68 p.
- Weiss C. 2015. Preparando el terreno. *In: Antología sobre evaluación. La construcción de una disciplina*. Primera Edición. Maldonado, C. y Pérez, C. (Coords.). Centro de Investigación y Docencia Económicas, A. C. México. pp: 43-84.
- Wooldridge J. 2015. Introducción a la econometría. Quinta Edición. CENGAGE Learning Editores S.A. de C.V. México. 878 p.