

Impacto del cambio climático en la agricultura del Distrito de Riego 005 Chihuahua, México

Claudia Yessenia Lucero López¹

Luis Ubaldo Castruita Esparza^{1§}

Martín Alfredo Legarreta González²

Jesús Miguel Olivas García¹

Luisa Patricia Uranga Valencia¹

Concepción Lujan-Álvarez¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua-Campus Delicias-Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Carretera Delicias a Rosales km 2.5. Ciudad Delicias, Chihuahua, México. CP. 33000. AP. 253. Tel. 639 4722726. (lopezclaudia@live.com.mx; jolivas@uach.mx; luranga@uach.mx; colujan@uach.mx).

²Universidad de Makeni-El Campus del Colegio Fátima. Carretera Azzolini, Sierra Leona, Provincia del Norte, PO Box 2. (martin.legarretagonzalez@gmail.com).

§Autor para correspondencia: lcastruita@uach.mx.

Resumen

Se espera que el sector más afectado económicamente por el cambio climático sea la agricultura, viéndose afectado por la disminución del ingreso económico. El objetivo de la investigación fue conocer el impacto del cambio climático en la agricultura en el Distrito de Riego 005 ubicado en el estado de Chihuahua, a través de la aplicación de encuestas en 2020. Se realizaron pruebas de Chi-cuadrada, de los encuestados, 40% [$X^2(138.32) p < 0.001$] posee más de 20 ha, 65% cultiva principalmente nogal pecanero (*Carya illinoensis*), 97.89% [$X^2(187.17) p < 0.001$] ha escuchado hablar del cambio climático y 44.09% [$X^2(155.33) p < 0.001$] lo define como variación climática pronunciada entre estaciones. El análisis de correspondencia múltiple estimó que las variables que presentaron mayor inercia para la primera dimensión fueron: labranza cero (M1), cambio de tipo de cultivo (M3), técnicas de captación de agua (M4), otras (M5) y porcentaje de contribución (cmedidas), para la segunda dimensión, las que presentaron mayor inercia fueron: los que han sufrido pérdidas económicas (peconomicas), periodo más afectado (periodo), causa de la afectación (causa), porcentaje de pérdidas económicas (pp). Se corrieron dos modelos de regresión logística multinomial, las medidas aplicadas para reducir los efectos del cambio climático fueron labranza cero y el uso de productos orgánicos. Los resultados obtenidos mostraron que conforme la edad de los productores aumenta, la posibilidad de que conozcan el cambio climático sus causas y opten por contratar un seguro disminuye. Finalmente, es necesario aplicar más de una medida de mitigación/adaptación para contrarrestar el cambio climático.

Palabras clave: adaptación, agricultura, climatología, mitigación.

Recibido: mayo de 2022

Aceptado: agosto de 2022

Introducción

El cambio climático es uno de los problemas de mayor interés a tratar en la agenda mundial debido a que sus efectos se ven reflejados en todos los países, ya sea en mayor o menor medida. Sus causas pueden ser naturales o antropogénicas (Díaz, 2012). Se espera que el sector más perjudicado económicamente por el cambio climático sea la agricultura, viéndose afectado por la disminución del ingreso económico. Este sector es un determinante para la seguridad alimentaria (López y Hernández, 2016), la cual se da cuando todos tienen el acceso permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, pudiendo llevar de esta forma una vida activa y saludable (FAO, 2019).

La agricultura es la fuente principal de la economía en el Distrito de Riego 005, por lo que una reducción en la superficie de cultivos, debido a la falta de recursos hídricos, conllevaría un impacto socioeconómico (IMTA, 2013). Por otra parte, el cambio climático afecta en los grados días de desarrollo, los cuales se refieren a los índices utilizados para la estimación del desarrollo de las plantas, estos han sido utilizados en numerosos sistemas de producción de hortalizas para predecir la madurez fisiológica, la fecha de cosecha y el momento de siembras sucesivas (Hoyos *et al.*, 2012).

Existe por parte de la comunidad científica un consenso para el estudio del cambio climático en torno a las ciencias sociales, para describir cómo es percibido por las personas (Vélez-Torres *et al.*, 2016), ya que al conocer la relación que tienen diversas variables respecto al cambio climático, se pueden establecer estrategias que permitan a los agricultores entenderlo y elegir la opción para mitigación/adaptación para el tipo de cultivo y región.

Se ha demostrado que la adaptación es una opción efectiva que puede reducir significativamente los costos económicos y sociales que implica el cambio climático (Galindo *et al.*, 2014). En México, el tema de la implementación de medidas de adaptación al cambio climático es nuevo, por lo cual, es importante considerar en primer lugar la incertidumbre existente al respecto, ya que no se conoce la magnitud y ello dificulta establecer medidas de adaptación; en segundo lugar, la constante fluctuación de la vulnerabilidad ante los cambios requiere una evaluación constante de los procesos para su mejor comprensión (INECC, 2018). El objetivo del presente estudio fue conocer el impacto del cambio climático en la agricultura del Distrito de Riego 005 en relación con la afectación que tiene el cambio climático en la agricultura.

Materiales y métodos

Características del área de estudio

El área de estudio se ubica en el Distrito de Riego 005, en la región centro-sur del estado de Chihuahua (Figura 1). En las coordenadas 27° 31' a 28° 35' latitud norte y 105° 45' a 105° 00' longitud oeste (CONAGUA, 2002). La precipitación media anual, en la zona de riego del Distrito de Riego, es de 334.1 mm (IMTA, 2013). El clima es muy seco semicálido BWh' (h) seco semi cálido BSoH' (h) y semi seco templado BS₁k' (h) con lluvias en verano, y temperaturas medias anuales entre 12 y 18 °C, temperaturas medias del mes más frío de -3 °C a 18 °C y una precipitación total anual de 300 a 500 mm (INEGI, 2005).

En cuanto a las características de la producción agrícola, se encontró que 40% [$X^2(138.32) p < 0.001$] de los encuestados posee más de 20 ha. En 65.26% [$X^2(131.47) p < 0.001$] de los casos el nogal es el cultivo principal (Cuadro 1), el cual tiene como atractivo su alta demanda en el mercado, ya que 70% se destina a su exportación a Estados Unidos de América (Retes *et al.*, 2014). A su vez, 78.95% [$X^2(1268.73) p \leq 0.001$] de los encuestados menciona que de su cultivo principal cosecha menos de 10 t ha⁻¹, 10.53% cosecha entre 10 y 20 t ha⁻¹, 5.26% mencionó cosechas entre 61 y 80 t ha⁻¹. En el caso de la alfalfa, se encuentra por debajo del promedio estatal 47.5 t ha⁻¹. No obstante, en el Distrito de Riego 005 en el ciclo agrícola del año 2000, el rendimiento fue aún menor que el promedio referido, llegando a solamente 18.3 t ha⁻¹ de forraje seco y en el año 2012 fue de 18.54 t ha⁻¹ (Lara *et al.* 2014).

Cuadro 1. Cultivo principal de los agricultores encuestados.

| Cultivo principal | N | % | Chi-cuadrada | Sig |
|-------------------|----|---------|--------------|-----|
| Alfalfa | 20 | (21.05) | 131.47 | *** |
| Chile | 5 | (5.26) | | |
| Maíz | 3 | (3.16) | | |
| Nogal | 62 | (65.26) | | |
| Otro | 5 | (5.26) | | |

NS= diferencias no significativas ($p > 0.05$); * = diferencias significativas a un 5% ($p < 0.05$); ** = diferencias significativas al 1% ($p < 0.01$); *** = diferencias significativas al 0.1% ($p < 0.001$).

Respecto al cambio climático, 97.89% [$X^2(187.17) p < 0.001$] de los encuestados dijo haber escuchado hablar acerca de él; asimismo, 44.09% [$X^2(155.33) p < 0.001$] lo define como una variación climática (Cuadro 2). Ello, muestra similitud con el estudio de opinión realizado por SEMARNAT e INECC (2016), en el cual 89% de los encuestados dijeron haber escuchado acerca del cambio climático y 5 de cada 10 mexicanos definieron el cambio climático como una alteración del clima o el medio ambiente.

Cuadro 2. Definición de cambio climático.

| Definición | N | (%) | Chi-cuadrada | Sig |
|-----------------------------------|----|---------|--------------|-----|
| Cambio de temperatura | 27 | (29.03) | 55.33 | *** |
| Cambio en los ciclos hidrológicos | 3 | (3.23) | | |
| Consecuencia de la contaminación | 4 | (4.3) | | |
| Otra | 18 | (19.35) | | |
| Variación climática | 41 | (44.09) | | |

NS= diferencias no significativas ($p > 0.05$); * = diferencias significativas a 5% ($p < 0.05$); ** = diferencias significativas al 1% ($p < 0.01$); *** = diferencias significativas al 0.1% ($p < 0.001$).

El 87.37% [$X^2(153.06) p < 0.001$] de los encuestados afirmó saber cuáles son las causas del cambio climático, de estos, el 55.42% [$X^2(195.77) p < 0.001$] identificó la contaminación como la principal causa (Cuadro 3). Lo anterior concuerda con un estudio desarrollado por SEMARNAT e INECC (2016), donde se encontró que más de 70% de los encuestados responsabilizaba a la actividad humana y la contaminación del aire por el cambio climático.

Cuadro 3. Causas del cambio climático.

| Causas | n | (%) | Chi-cuadrada | Sig |
|--|----|---------|--------------|-----|
| Calentamiento global | 3 | (3.61) | 95.77 | *** |
| Contaminación | 46 | (55.42) | | |
| Gases de efecto invernadero | 7 | (8.43) | | |
| Otra (actividad humana, quema de combustibles) | 13 | (15.66) | | |
| Sobreexplotación de recursos | 11 | (13.25) | | |
| Uso de agroquímicos | 3 | (3.61) | | |

NS= diferencias no significativas ($p > 0.05$); * = diferencias significativas a 5% ($p < 0.05$); ** = diferencias significativas al 1% ($p < 0.01$); *** = diferencias significativas al 0.1% ($p < 0.001$).

Por otra parte, 96.84% [$X^2(183.38) p < 0.001$] de los encuestados considera que el clima ha cambiado; de estos, 42.39% [$X^2(129.87) p < 0.001$] menciona que es notorio debido a la variación climática que existe en la región respecto a años anteriores. En este sentido, se reporta que, al fenómeno del cambio climático en Michoacán, de acuerdo a González *et al.* (2017) el 90% de los encuestados manifestó apreciar modificaciones del clima de la región, destacándose el aumento de temperatura. Asimismo, de los encuestados que consideran que el clima ha cambiado, 38.04% [$X^2(118.52) p < 0.001$] considera que el cambio se dio desde hace más de 15 años.

Sin embargo, de acuerdo con ONU (2017), en el periodo de 1880-2012 hubo un aumento de la temperatura media anual de 0.85 °C. Posteriormente, el IPCC (2013) para el periodo 2016-2035 pronosticó un probable cambio en la media global de temperatura en la superficie, respecto 1986-2005 con un rango de 0.3° a 0.7 °C. Lo anterior, presenta similitud con el presente estudio ya que 45.26% [$X^2(1151.47) p < 0.001$] de los encuestados considera que la situación que se ha presentado con mayor frecuencia ha sido el aumento de temperatura (Cuadro 4). Este aumento afecta árboles frutales caducifolios como el nogal, ya que requieren acumulación de horas frío para su adecuado desarrollo (José *et al.*, 2016).

Cuadro 4. Situación climatológica presentada con mayor frecuencia.

| Situación | n | (%) | Chi-cuadrada | Sig |
|-------------------------|----|---------|--------------|-----|
| Aumento de temperatura | 43 | (45.26) | 151.47 | *** |
| Descenso de temperatura | 1 | (1.05) | | |
| Granizo | 4 | (4.21) | | |
| Heladas | 3 | (3.16) | | |
| Lluvias | 1 | (1.05) | | |
| Todas las mencionadas | 5 | (5.26) | | |
| Sequías | 38 | (40) | | |

NS= diferencias no significativas ($p > 0.05$); * = diferencias significativas a 5% ($p < 0.05$); ** = diferencias significativas al 1% ($p < 0.01$); *** = diferencias significativas al 0.1% ($p < 0.001$).

Con respecto a la afectación en la agricultura, 49.47% [$X^2(1133.97) p < 0.001$] de los encuestados mencionó que el cultivo más afectado ha sido el nogal (Cuadro 5). El 52.17% [$X^2(168.11) p < 0.001$] dijo que el periodo en el que su cultivo se percibió más afectado fue de 2016 a 2020. Al

respecto, las bajas temperaturas presentadas a finales de diciembre de 2018 provocaron graves daños en cultivos de hortalizas en Sonora y Chihuahua (CONAGUA, 2019). Si bien es cierto que las variaciones climáticas han afectado directamente a la agricultura, el impacto para cada agricultor es diferente debido a la diversidad y extensión de cultivos en la región.

Cuadro 5. Cultivos que se han visto más afectados por el cambio climático.

| Cultivos | n | (%) | Chi-cuadrada | Sig |
|----------------------------------|----|---------|--------------|-----|
| Alfalfa | 10 | (10.53) | 133.97 | *** |
| Algodón | 3 | (3.16) | | |
| Cacahuate | 2 | (2.11) | | |
| Cebolla | 2 | (2.11) | | |
| Chile | 11 | (11.58) | | |
| Nogal | 47 | (49.47) | | |
| Otro (maíz, membrillo, pistacho) | 16 | (16.84) | | |
| Sandía | 4 | (4.21) | | |

NS= diferencias no significativas ($p > 0.05$); * = diferencias significativas a 5% ($p < 0.05$); ** = diferencias significativas al 1% ($p < 0.01$); *** = diferencias significativas al 0.1% ($p < 0.001$).

El 77.89% [$X^2(129.57) p < 0.001$] de los encuestados afirma que el cambio climático afectó el rendimiento de sus cultivos. En el caso del nogal, la falta de horas frío ha dado como resultado producciones reducidas; acorde a esto, Grageda *et al.* (2017) aseveran que el incremento de la temperatura afecta el desarrollo de frutales caducifolios como el nogal pecanero que requieren una acumulación de frío para romper el período de dormancia. Además, 35.62% [$X^2(1.30.36) p < 0.001$] de los encuestados dijo que el porcentaje de afectación al rendimiento de sus cultivos fue de entre 21 y 40%. En relación con las pérdidas económicas en cultivos a consecuencia del cambio climático, 72.63% [$X^2(119.46) p < 0.001$] dijo haber sufrido pérdidas, mientras que para 39.13% [$X^2(131.8) p < 0.001$] fueron de entre 21 y 40%.

De los encuestados que sufrieron pérdidas económicas, solo 40.58% contestó a cuánto ascendían las pérdidas, coincidiendo en que la afectación fue en el 25% de los casos [$X^2(14.86) p > 0.05$] de entre \$100 000.00 y \$250 000.00, mientras que otro 25% tuvo pérdidas $> \$1 000 000.00$ y $< \$100 000.00$. Debido a la omisión de respuesta a la pregunta por parte de los productores, los resultados fueron no significativos. No obstante, el cambio climático eventualmente puede tener efectos negativos en la economía agrícola (Ortiz y Ortega, 2018) y se estima que para el año 2055 en América Latina y África la producción de maíz sufra una reducción de 10%, lo cual equivaldrá a pérdidas de dos mil millones de dólares al año, afectando principalmente a los pequeños productores.

Cabe destacar que 39.13% [$X^2(118.94) p < 0.001$] de los encuestados considera que el periodo más afectado ha sido en el desarrollo de los cultivos, esto debido a que los cambios en los patrones climáticos afectan el desarrollo y procesos fisiológicos, lo cual dificulta el cumplimiento de la demanda hídrica de los cultivos en la región, ya que, bajo estas condiciones, las demandas se incrementan (Ojeda *et al.*, 2011). El 36.23% [$X^2(1.43.51) p < 0.001$] considera que la causa por la cual se han visto afectados los cultivos es principalmente por el aumento de temperatura

(Cuadro 6). Cabe destacar que los meses de enero de 2016 y 2017 fueron más cálidos desde 1880, al respecto, en la región los cultivos se enfrentaron al estrés hídrico por falta de agua y deshidratación por altas temperaturas (CONAGUA, 2019).

Cuadro 6. Causa de afectación en los cultivos.

| Causa | N | (%) | Chi-cuadrada | Sig |
|---|----|---------|--------------|-----|
| Aumento de temperatura | 25 | (36.23) | 43.51 | *** |
| Descenso de temperatura | 3 | (4.35) | | |
| Granizo | 15 | (21.74) | | |
| Heladas | 4 | (5.8) | | |
| Lluvias | 1 | (1.45) | | |
| Otra (plagas, contaminación, falta de acceso al agua) | 8 | (11.59) | | |
| Sequías | 13 | (18.84) | | |

NS= diferencias no significativas ($p > 0.05$); * = diferencias significativas a 5% ($p < 0.05$); ** = diferencias significativas al 1% ($p < 0.01$); *** = diferencias significativas al 0.1% ($p < 0.001$).

En cuanto a las medidas contra el cambio climático, 48.42% [$X^2(119.06) p < 0.001$] de los encuestados ha implementado alguna medida. En lo relacionado a la implementación de la labranza cero o de conservación, solo 13.04% [$X^2(125.13) p < 0.001$] de los encuestados ha aplicado esta medida, el cambio de tipo de cultivo ha sido aplicado por 17.39% [$X^2(119.57) p < 0.001$] y la implementación de técnicas de captación de agua, ha sido aplicado por 21.74% [$X^2(114.7) p < 0.001$]. Adicionalmente, 76.09% [$X^2(112.52) p < 0.001$] ha implementado otras medidas, entre las que destacan el uso de productos orgánicos para los cultivos.

Además, de las personas que han implementado medidas de mitigación/adaptación contra el cambio climático, 58.7% [$X^2(145.52) p < 0.001$] considera que estas medidas solo han contribuido de 0 a 20%, comentando que parte de esto se debe a que no todos los agricultores están aplicando las mismas medidas y se requiere ser constantes para ver resultados. A pesar de que productos como los abonos orgánicos favorecen la fertilidad del suelo y nutrición de las plantas, su capacidad de nutrimento respecto a los fertilizantes es baja, requiriendo grandes cantidades para un resultado más notorio (Álvarez-Solís *et al.*, 2010).

En relación con si los agricultores cuentan con algún seguro para proteger sus cultivos en caso de un evento climático catastrófico, solo 20% [$X^2(134.2) p < 0.001$] lo tiene. Sin embargo, 55.56% [$X^2(15.33) p < 0.05$] de los encuestados que cuentan con seguro no supieron especificar el nombre de este, pero comentaron que su adquisición fue un requisito para la obtención de un crédito.

Análisis de correspondencia múltiple

En este análisis se obtuvo como resultado dos dimensiones que en conjunto explicaron 13.4% de la inercia total (Figura 2). La primera dimensión explicó 7.6% de la inercia total, relacionada principalmente con la aplicación de medidas para mitigación y adaptación contra el cambio climático: labranza cero (M1), cambio de tipo de cultivo (M3), técnicas de captación de agua (M4), otras (M5) y el porcentaje de contribución de estas (cm medidas). En este sentido, Galindo *et al.* (2014) mencionan que algunas medidas de adaptación reducen costos de manera significativa en

función del tipo de cultivo/región. Una mejor administración de recursos trae consigo menores costos, a su vez, utilizar fertilizantes o un riego diferente al acostumbrado tienen como resultado efectos positivos.

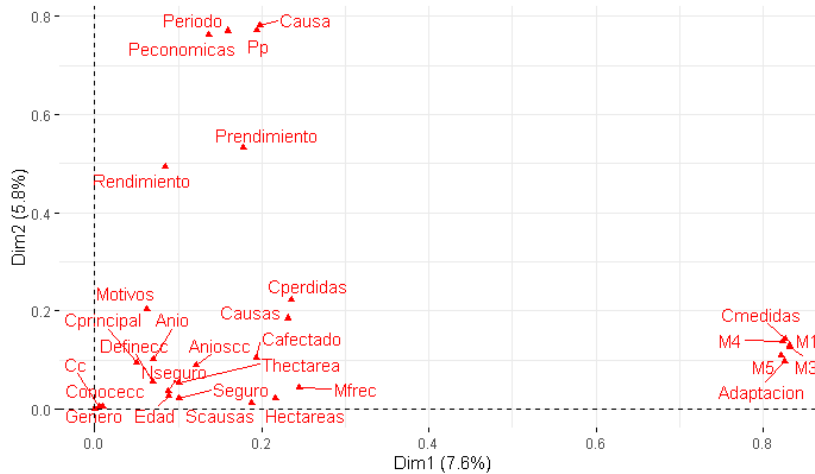


Figura 2. Dimensiones medidas de discriminación y correlación entre variables.

La segunda dimensión explica 5.8% de la inercia total y se encuentra relacionada principalmente con las variables de: ha sufrido pérdidas económicas (peconómicas), periodo más afectado (periodo), causa de la afectación (causa), porcentaje de pérdidas económicas (pp). De la afectación al cambio climático en el sector agropecuario en México, el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (2019) afirma que la agricultura puede verse afectada, entre otras causas, por eventos meteorológicos extremos, igualmente menciona que el incremento de las temperaturas afectará el crecimiento y desarrollo de algunos cultivos, sobre todo por los requerimientos hídricos.

En México las áreas agrícolas de temporal tendrán que adaptarse a un aumento de temperatura y menor cantidad de precipitación. Esa misma situación es representada en este estudio, ya que el cultivo más afectado ha sido el nogal, el cual tiene una demanda hídrica con rangos variables de 1 170 y 1 310 mm por año en arboles adultos (INIFAP, 2010). Siendo a su vez el principal cultivo que mencionaron los encuestados, por lo que las pérdidas debido a la falta de horas frío por las altas temperaturas podrían explicar la relación de las variables estudiadas.

En este sentido, el cambio climático muestra sus efectos negativos sobre las ganancias agrícolas, y para hacerle frente se considera que el remplazo de 10% del área sembrada por cultivos alternativos más rentables demandaran menos agua y pueden ser más resistentes a sus efectos (Tonconi, 2015).

Regresión logística multinomial

El primer modelo de regresión logística multinomial para las variables de interés se realizó teniendo como variable dependiente ‘porcentaje de contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático aplicadas’ (cmedidas) y como variables independientes ‘labranza cero’ (M1), ‘cambio de tipo de cultivo’ (M3), ‘técnicas de captación de agua’ (M4) y ‘otras medidas’ (M5) que

fueron las que más inercia presentaron para la primera dimensión del análisis de correspondencia múltiple y se encuentran correlacionadas como se muestra en la (Figura 2). Para la variable ‘porcentaje de contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático aplicadas’ se usó como referencia el nivel 0-20%.

Al respecto, para temas de cambio climático se carece de estudios previos empleando esta metodología, no obstante, presenta potencial significativo para estudios agrícolas relacionados a variables climáticas. El resultado fue significativo ($p=0$) al medir el riesgo relativo de que el porcentaje de contribución a la mitigación/adaptación al cambio climático sea de 21-40%, implementando: labranza cero (β_{11}) siendo de $1.622824e^{+09}$ veces más que al no implementar labranza cero, cambio de tipo de cultivo (β_{12}) siendo de $5.748581e^{-17}$ veces menos que al no implementar cambio de tipo de cultivo, técnicas de captación de agua (β_{13}) siendo de $9.302693e^{-10}$ veces menos que al no implementar técnicas de captación de agua y en el caso de otras medidas (β_{14}), siendo de $1.686106e^{+16}$ veces más que al no implementar otras medidas. La expresión que documenta la relación de las variables medidas fue: $\ln\left(\frac{P(\text{cmedidas}=21-40)}{P(\text{cmedidas}=0-20)}\right) = \beta_{10} + \beta_{11}(M1= \text{si}) + \beta_{12}(M3= \text{si}) + \beta_{13}(M4= \text{si}) + \beta_{14}(M5= \text{si}) + \epsilon_{ij}$.

El resultado fue significativo ($p=0$) al medir el riesgo relativo de que el porcentaje de contribución a la mitigación/adaptación al cambio climático sea de 41-60%, implementando: labranza cero (β_{21}) siendo de $2.799979e^{-14}$ veces menos que al no implementar labranza cero; cambio de tipo de cultivo (β_{22}) siendo de $4.646137e^{-14}$ veces menos que al no implementar cambio de tipo de cultivo, técnicas de captación de agua (β_{23}) siendo de $5.305706e^{-07}$ veces menos que al no implementar técnicas de captación de agua y en el caso de otras medidas (β_{24}) siendo de $2.064378e^{-07}$ veces menos riesgo que al no implementar otras medidas. La expresión que documenta la relación de las variables medidas fue: $\ln\left(\frac{P(\text{cmedidas}=41-60)}{P(\text{cmedidas}=0-20)}\right) = \beta_{20} + \beta_{21}(M1= \text{si}) + \beta_{22}(M3= \text{si}) + \beta_{23}(M4= \text{si}) + \beta_{24}(M5= \text{si}) + \epsilon_{ij}$.

El resultado fue significativo ($p=0$) al medir el riesgo relativo de que el porcentaje de contribución a la mitigación/adaptación al cambio climático sea de 61-80%, implementando labranza cero (β_{31}), siendo de $0.977972e^{-17}$ veces menos que al no implementar labranza cero; mientras que el resultado no fue significativo implementando el cambio de tipo de cultivo ($p=0.4338$), técnicas de captación de agua ($p=0.6378$) y otras medidas ($p=0.0488$).

La expresión que documenta la relación de las variables medidas fue: $\ln\left(\frac{P(\text{cmedidas}=61-80)}{P(\text{cmedidas}=0-20)}\right) = \beta_{30} + \beta_{31}(M1= \text{si}) + \beta_{32}(M3= \text{si}) + \beta_{33}(M4= \text{si}) + \beta_{34}(M5= \text{si}) + \epsilon_{ij}$. El resultado fue significativo ($p=0$) al medir el riesgo relativo de que el porcentaje de contribución a la mitigación/adaptación al cambio climático sea de 81-100%, aplicando: labranza cero (β_{41}) siendo de $5.761973e^{-07}$ veces menos que al no implementar labranza cero, cambio de tipo de cultivo (β_{42}) siendo de $1.224252e^{-09}$ veces menos que al no implementar cambio de tipo de cultivo, técnicas de captación de agua (β_{43}) es de $2.905795e^{-08}$ veces menos que al no implementar técnicas de captación de agua, otras medidas (β_{44}) es de $1.184600e^{+05}$ veces más que al no implementar otras medidas. La expresión que documenta la relación de las variables medidas fue: $\ln\left(\frac{P(\text{cmedidas}=81-100)}{P(\text{cmedidas}=0-20)}\right) = \beta_{40} + \beta_{41}(M1= \text{si}) + \beta_{42}(M3= \text{si}) + \beta_{43}(M4= \text{si}) + \beta_{44}(M5= \text{si}) + \epsilon_{ij}$.

El segundo modelo de regresión logística multinomial se realizó teniendo como variable dependiente la variable ‘edad’ (edad) y como variables independientes ‘conocimiento del cambio climático’ (conocecc), ‘conocimiento de las causas del cambio climático (scausas), seguro (seguro), las cuales se eligieron ya que a pesar de no ser las que presentaron mayor inercia para la segunda dimensión del análisis de correspondencia múltiple, mostraron resultados significativos, los cuales son determinantes para el objetivo del estudio (Figura 2). Para la variable ‘edad’ se usó como referencia el nivel ‘20-40’.

Los resultados fueron no significativos al analizar el riesgo relativo de que los agricultores de 41 a 60 años conozcan qué es el cambio climático ($p= 0.9498$), sus causas ($p= 0.09113$) y cuenten con seguro ($p= 0.9201$). La expresión que documenta la relación de las variables medidas fue: $\ln\left(\frac{P(\text{Edad}=41-60)}{P(\text{Edad}=20-40)}\right) = \beta_{10} + \beta_{11}(\text{conocecc} = \text{si}) + \beta_{12}(\text{scausas} = \text{si}) + \beta_{13}(\text{seguro} = \text{si}) + \epsilon_{ij}$. Los resultados fueron no significativos al analizar el riesgo relativo de que los agricultores de 61 a 80 años conozcan qué es el cambio climático ($p= 0.8579$), sus causas ($p= 0.3976$), y cuenten con seguro ($p= 0.8621$). La expresión que documenta la relación de las variables medidas fue: $\ln\left(\frac{P(\text{Edad}=61-80)}{P(\text{Edad}=20-40)}\right) = \beta_{20} + \beta_{21}(\text{conocecc} = \text{si}) + \beta_{22}(\text{scausas} = \text{si}) + \beta_{23}(\text{seguro} = \text{si}) + \epsilon_{ij}$.

Finalmente, los resultados fueron no significativos al analizar el riesgo relativo de que los agricultores de más de 80 años conozcan qué es el cambio climático ($p= 0.9825$), sus causas ($p= 0.9446$), y cuenten con seguro ($p = 0.2775$). La expresión que documenta la relación de las variables medidas fue: $\ln\left(\frac{P(\text{Edad}=\text{Mas de } 80)}{P(\text{Edad}=20-40)}\right) = \beta_{30} + \beta_{31}(\text{conocecc} = \text{si}) + \beta_{32}(\text{scausas} = \text{si}) + \beta_{33}(\text{seguro} = \text{si}) + \epsilon_{ij}$.

Conclusiones

El cambio climático ha impactado la agricultura en el Distrito de Riego 005, siendo el nogal el más afectado en horas frío y cantidad de agua que requiere, situación que se puede agravar debido al aumento de las temperaturas y disminución de la precipitación por efecto de sequías. Una opción viable para la adaptación y mitigación al cambio climático en esta zona es la implementación de medidas que en conjunto que ayuden a reducir sus efectos, como la labranza de conservación y otras medidas como el uso de productos orgánicos para aplicación al suelo en las áreas de cultivo y la reconversión de cultivos con menor demanda de agua.

Uno de los inconvenientes, es que conforme la edad de los productores aumenta, su conocimiento del cambio climático, y sus causas, disminuye, por lo que es importante que los agricultores cuenten con este conocimiento, para que puedan decidir qué medidas implementar en sus cultivos. Otra opción es la contratación de seguros con una cobertura amplia que protejan los cultivos en caso de algún evento catastrófico que pudiera presentarse; no obstante, la experiencia de los productores es que en la actualidad la contratación de un seguro está dada como un requisito para la obtención de un crédito, y no como una medida contra el cambio climático.

Literatura citada

Aguilar, B. S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco. 2-7. <https://doi.org/ISSN:1405-2091>.

- Álvarez, S. J. D., Gómez, V. D. A.; León, M. N. S. and Gutiérrez, M. F. A. 2010. Integrated management of inorganic and organic fertilizers in maize cropping. *Agrociencia*. 44(5):575-586.
- CEDRSSA. 2019. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la soberanía Alimentaria. El cambio climático y el sector agropecuario en México. Venustiano Carranza, México. Reporte 1. 11 p. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/12E1%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf>.
- CONAGUA. 2002. Comisión Nacional del Agua. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Meoqui-Delicias, Chihuahua. *Diario Oficial de la Federación*. 1. Toluca, México. 29 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103599/DR_0838.pdf.
- CONAGUA. 2019. Comisión Nacional del Agua. Reporte del clima en México. Servicio Meteorológico Nacional. Tlalpan, México. Reporte anual 2019. 1-27 pp. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2019.pdf>.
- CONAGUA. 2018. Comisión Nacional del Agua. Distritos de riego. *Diario Oficial de la Federación*. Coyoacán, México. Informe estadístico de producción agrícola 1. 442 p.
- Díaz, C. G. 2012. El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*. 2(37):227-240.
- FAO. 2019. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA); Organización Mundial de la Salud (OMS); Programa Mundial de Alimentos (PMA) y The United Nations Children's Fund (UNICEF). Estadísticas sobre seguridad alimentaria. FAO. 1. Roma, Italia. El estado del mundo 1. 256 p. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/>.
- Galindo, L. M.; Samaniego, J.; Alatorre, J. E. y Carbonell, J. F. 2014. Estudio del cambio climático en América Latina: Procesos de adaptación al cambio climático. Análisis de América Latina. CEPAL (ed.). San Joaquín, Santiago, Chile. Colección documentos de proyecto 647. 33 p.
- González, M. S. L.; Silva, G. J. T.; Ávila, M. L. A.; Moncayo, E. R.; Cruz, C. G. y Ceja, T. L. F. 2017. El fenómeno de cambio climático en la percepción de la comunidad indígena purépecha del municipio de Chilchota, Michoacán, México. *Rev. Internacional de Contaminación Ambiental*. 33(4):641-653. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.08>.
- Grajeda, G. J.; Ruiz, C. J. A.; García, R. G. E.; Núñez, M. J. H.; Valenzuela, L. J.; Ruiz, Á. O. y Jiménez, L. A. 2017. Efecto del cambio climático en la acumulación de horas frío en la región nogalera de Hermosillo, Sonora. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 13(7):2487-2495. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i13.463>.
- Hoyos, D.; Morales, J. G.; Chavarría, H. P. y Correa, G. 2012. Acumulación de grados día en un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en un modelo de producción aeropónico. *Rev. Facultad Nacional de Agronomía*. 1(65):6389-6398.
- IMTA. 2013. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Desarrollo de un portafolio priorizado de medidas de adaptación públicas identificadas para el sector agrícola. Jilotepec, Morelos, México. Proyecto RD 1238. 389 p.
- INIFAP. 2010. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. XI simposio internacional de nogal pecanero. Núñez, J. H.; Grajeda, J.; Sabori, R.; Maldonado, L. A. (Eds). Hermosillo, Sonora, México. 54-61 pp.
- INECC. 2018. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Adaptación al cambio climático. *Diario Oficial de la Federación*. 1. Toluca de Lerdo, México. 1 p. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/adaptacion-al-cambio-climatico-78748>.

- INEGI. 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Guía para la interpretación cartográfica del clima. Aguascalientes, México. 48 p.
- IPCC. 2013. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambio climático. Ginebra, Suiza. Informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático 5. 222 p.
- Lara, C. R. y Jurado, P. 2014. Producir alfalfa en el estado de Chihuahua. INIFAP. Aldama, Chihuahua, México. Folleto técnico núm. 52. 41 p.
- López, A. J. y Hernández, D. 2016. Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*. 4(83):459-496. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>.
- Ojeda, W.; Sifuentes, E.; Iñiguez, M. y Montero, M. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*. 15(45):1-11.
- ONU. 2017. Organización de las Naciones Unidas. Los efectos del cambio climático y los cambios conexos en los océanos. Resumen técnico de la primera evaluación integrada del medio marino a escala mundial. New York, United States. Resumen técnico de la primera evaluación integrada del medio marino a escala mundial 1. 26 p. <https://www.un.org/regularprocess/sites/www.un.org.regularprocess/files/17-05753.s-impacts-of-climate-change.pdf>.
- Ortiz, P. C. F. y Ortega, G. A. M. 2018. Riesgo económico-agrícola y escenarios de cambio climático en una región del trópico seco mexicano. *Sociedad y Ambiente*. 17(1):115-142. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i17.1843>.
- Otzen, T. y Manterola, C. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International J. Morphology*. 35(1):227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>.
- Retes, L. R.; Nasaima, P. A. R.; Moreno, M. S.; Denogean, B. F. G.; Martín, R. M. 2014. Análisis de rentabilidad del cultivo de nogal pecanero en la costa de Hermosillo. *Rev. Mex. de Agronegocios*. 18(34):872-882.
- SADER. 2019. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. La mujer rural, clave para el desarrollo del campo y la seguridad alimentaria. Venustiano Carranza, México. Publicación de prensa 1. 1 p. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/la-mujer-rural-clave-para-el-desarrollo-del-campo-y-la-seguridad-alimentaria-223353>.
- SAGARPA y FAO. 2014. Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Estudio sobre el envejecimiento de la población rural en México. México. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-2-estudio-sobre-el-envejecimiento-de-la-poblacion-rural-en-mexico.pdf>.
- SEMARNAT e INECC. 2016. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Actualización ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Tlalpan, México. Comunicación Nacional 6 e Informe bienal 2. 1-274 pp.
- Tonconi, J. Q. 2015. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú, Perú. *Idesia*. 33(2):119-136.
- Velasco, I. y Miranda, R. 1996. Diagnostico operativo del distrito de riego 005: Delicias, Chihuahua. *Ingeniería Hidráulica en México*. 11(1):39-51.
- Vélez, T. Á.; Santos, O. Á.; De la Tejera, H. B. G. and Monterroso, R. A. I. 2016. Perception of climate change of semi-urban and rural farmers of León, Guanajuato. *Rev. de Geografía Agrícola*. 57(1):179-190. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2016.57.008>.