

Análisis del programa de conservación de suelos en el área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca

Analysis of the soil conservation program in the flora and fauna Nevado de Toluca protection area

Giovani González Camacho,* Gabino Nava Bernal,** Tizbe Teresa Arteaga Reyes*** y Belina García Fajardo†

Recibido: 07/10/2019. Aprobado: 16/06/2020. Publicado (en línea): 30/07/2020.

Resumen. La degradación de suelo forestal es un problema que el gobierno mexicano ha atendido en los últimos años mediante la implementación de programas de restauración forestal focalizados; sin embargo, existe información limitada sobre cómo ha sido este proceso de implementación a nivel local. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar la implementación del programa de conservación de suelos en los núcleos agrarios del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), así como la percepción que tienen estos ejidos y comunidades sobre dicho programa. Los métodos de análisis utilizados fueron la estadística espacial y la valoración centrada en la percepción subjetiva de los participantes. Los resultados muestran la formación de un clúster espacial de núcleos agrarios con mayor monto asignado alrededor de la zona núcleo del APFFNT, siendo la variable superficie del núcleo agrario la que tiene mayor relación con el monto asignado por encima del nivel de erosión. El análisis de percepción de los núcleos agrarios indica que el problema más grave de degradación del suelo es la disminución de fertilidad, que los niveles más bajos de

participación de los núcleos agrarios se tienen al inicio del programa y que los impactos más bajos del proyecto son la baja participación de grupos indígenas, la escasa reducción de la migración laboral y la baja infiltración de agua de las obras. En conclusión, los aspectos que deben reestructurarse son: incluir acciones dirigidas a las zonas más erosionadas (zonas agrícolas aledañas al bosque), considerar el grado de erosión en la asignación de montos, generar estrategias para atacar las causas de la degradación e implementar acciones que eleven la participación de los núcleos agrarios.

Palabras clave: conservación de suelos, erosión, programas ambientales, núcleos agrarios, Nevado de Toluca.

Abstract. Forest soil degradation is a problem that the Mexican government has addressed in recent years through the implementation of targeted forest restoration programs; however, there is limited information on how this implementation process has been at the local level. Therefore,

* Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, municipio de Toluca, Estado de México, México. Email: giovani.gonzalez05@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3479-8973>

** Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, municipio de Toluca, Estado de México, México. Email: gnavab@uaemex.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9329-2265>. Autor de correspondencia.

*** Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, municipio de Toluca, Estado de México. Email: tarteagar@uaemex.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7803-6749>

† Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México. Calle Mariano Matamoros casi esquina Paseo Tollocan, C.P. 50130, municipio de Toluca, Estado de México, México. Email: belygf@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3444-7340>

the objective of this work is to analyze the implementation of the soil conservation program in the agrarian nuclei of the Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area (APFFNT), as well as the perception that these ejidos and communities have about said Program. The analysis methods used were spatial statistics and the assessment focused on the subjective perception of the participants. The results show the formation of a spatial cluster of agrarian nuclei with the largest amount assigned around the APFFNT core zone, with the variable surface area of the agrarian nucleus having the highest relationship with the amount assigned above the level of erosion. The perception analysis of the agrarian nuclei indicates that the most serious problem of soil degradation is the decrease in fertility, that the lowest

levels of participation of the agrarian nuclei are at the beginning of the program and that the lowest impacts of the project are the low participation of indigenous groups, the low reduction of labor migration and the low infiltration of water from the works. In conclusion, the aspects that must be restructured are: include actions aimed at the most eroded areas (agricultural areas adjacent to the forest), consider the degree of erosion in the allocation of amounts, generate strategies to attack the causes of degradation and implement actions that raise the participation of the agrarian nuclei.

Keywords: soil conservation, erosion, environmental programs, agrarian nuclei, Nevado de Toluca

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo ha sido abordada desde diferentes visiones, tanto la FAO (2015) como la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable coinciden en que la degradación del suelo es una disminución de la capacidad del suelo y sus ecosistemas para producir bienes y servicios (DOF, 2018). Por su parte, Stocking y Murnaghan (2001) mencionan que la disminución de la productividad del suelo se puede dividir en 9 tipos: pérdida de cubierta vegetal, erosión hídrica, erosión eólica, compactación, aumento de la pedregosidad, reducción de la capa freática, disminución de la fertilidad, anegamiento y salinización.

En México se estimó para inicios de este siglo que el 44% del territorio presentaba algún grado de degradación (SEMARNAT, 2002), por lo que el gobierno ha establecido desde entonces programas encaminados hacia la conservación y restauración de los suelos en México.

Las actividades de conservación de suelos en México inician con la creación a nivel nacional del primer Departamento de Conservación del Suelo en la década de 1940, el cual tenía el papel de llevar a cabo programas de conservación de suelos en áreas agrícolas (DOF, 1942). Sin embargo, en las décadas siguientes, la conservación de suelos perdió importancia en la agenda pública como resultado de una presión internacional causada por la revolución verde, en donde se dio mayor importancia al incremento de la producción agrícola sobre el tema de la conservación del suelo y no fue sino hasta el 2001 cuando dicho tema se volvió a reto-

mar al dirigir los programas a las zonas forestales con la creación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la cual puso en marcha el Programa Nacional de Suelos Forestales (DOF, 2001).

El Programa Nacional de Suelos Forestales tuvo relevancia a nivel nacional en materia de conservación de suelos, ya que del 2001 al 2009 abarcó una superficie de 509 290 hectáreas del territorio nacional y respondió al discurso global de conservación de recursos naturales (SEMARNAT, 2014). Este programa se basaba principalmente en la ejecución de prácticas mecánicas para controlar los procesos de erosión del suelo, favorecer la filtración de agua y, por lo tanto, reducir la escorrentía.

Sin embargo, la restricción en los recursos humanos, materiales y económicos y la complejidad geográfica, social, económica y ambiental del problema de la degradación del suelo, orillaron a la institución a crear nuevos programas focalizados donde se incrementarían las actividades de restauración y se delimitarían las zonas apoyadas. Como resultado, la CONAFOR creó en el 2009 los Programas Especiales para la Restauración de las Microcuencas en Zonas Prioritarias (CONAFOR, 2012).

Dentro de este grupo de programas se creó en el 2011 el Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas en Zonas Prioritarias Nevado de Toluca (PERMZPNT), cuyo objetivo era restaurar áreas degradadas en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) para mitigar los efectos del cambio climático, recuperar la cobertura vegetal y evitar la erosión del suelo. El PERMZPNT pretendía establecer una estrategia

de restauración integral durante un periodo de 5 años con ayuda de un asesor técnico (CONAFOR, 2011), la cual estaba basada en la implementación de actividades tales como: obras de conservación de suelos, reforestación, cercado, fertilización de la plantación, mantenimiento de la reforestación, vigilancia, protección contra incendios forestales y protección contra plagas-enfermedades.

De esta manera, el programa estuvo operando hasta el 2014, cuando se suscitó un convenio de colaboración entre la CONAFOR y la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE). Dicho convenio decretaba que el PERMZPNT cambiaría su nombre por el de Programa Especial Nevado de Toluca; asimismo, establecía que, a partir de ese momento, ambas instituciones serían responsables de manera conjunta del financiamiento económico del programa, así como de su implementación, esto con el fin de unir esfuerzos y poder incrementar las actividades de conservación y las superficies beneficiadas (CONAFOR, 2014).

A pesar de este cambio, el Programa Especial Nevado de Toluca mantuvo el mismo diseño que su antecesor, incluyendo el uso de criterios de prelación. Los criterios de prelación tenían como fin dirigir los recursos económicos hacia las zonas con un grado de erosión que iba de moderado a severo; asimismo, señalaban que la solicitud de apoyos se debía llevar a cabo tomando como base la propiedad legal o posesión de los terrenos, identificando así 4 tipos de solicitantes: ejidos y comunidades (abarcando específicamente los terrenos de uso común), ejidatarios (refiriéndose a los terrenos parcelados de los ejidos), y pequeños propietarios (personas físicas y morales) (CONAFOR, 2011).

De estos 4 tipos de solicitantes, los ejidos y las comunidades son los que tienen mayor importancia dentro del programa, porque poseen la mayor parte de la superficie forestal del APFFNT. El papel de los ejidos y comunidades como actores locales es relevante al ser ellos quienes experimentan el problema de la degradación del suelo, ejecutan el programa de conservación de suelos y aprecian directamente sus impactos (Martínez y Arellano, 2010; Sánchez y Díaz, 2011).

Sin embargo, existe poca claridad en el proceso de implementación del programa de conservación

de suelos a nivel local, lo que nos lleva a la pregunta de investigación: ¿Cómo es la implementación del programa de conservación de suelos en los núcleos agrarios que integran el APFFNT? Y, ¿cuál es la percepción que tienen los ejidos y comunidades del APFFNT sobre el programa? Este marco de análisis se convirtió en el objetivo del presente trabajo.

OBJETIVO

Analizar la implementación del programa de conservación de suelos en los núcleos agrarios del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), así como la percepción que tienen estos ejidos y comunidades sobre dicho programa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El Nevado de Toluca se localiza en el centro del Estado de México (Figura 1), entre los paralelos 18° 58' y 19° 13' de latitud norte y los 99° 37' y 99° 58' de longitud oeste (Osorio *et al.*, 2011). Se trata de un área natural protegida, decretada con la finalidad de conservar una zona de aproximadamente 540 km² alrededor del volcán Xinantécatl (Franco, 2009).

El Nevado de Toluca está conformado por los municipios de Almoloya de Juárez, Amanalco de Becerra, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Guerrero, Villa Victoria y Zinacantepec (CONANP, 2013), fue decretado como Parque Nacional en 1936; sin embargo, el 1° de octubre del 2013 se modificó el decreto presidencial para derogar al Parque Nacional y establecerlo como Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) (DOF, 1936; DOF, 2013).

El tipo de suelo predominante en el APFFNT es el andosol, el cual se encuentra aproximadamente en 90% del área natural protegida; estas condiciones, y aunado a un clima frío y semifrío subhúmedo, permiten el desarrollo de bosques de pino (*Pinus* spp.), de oyamel (*Abies religiosa*), de encino (*Quercus* spp.), de pinoencino (*Pinus*

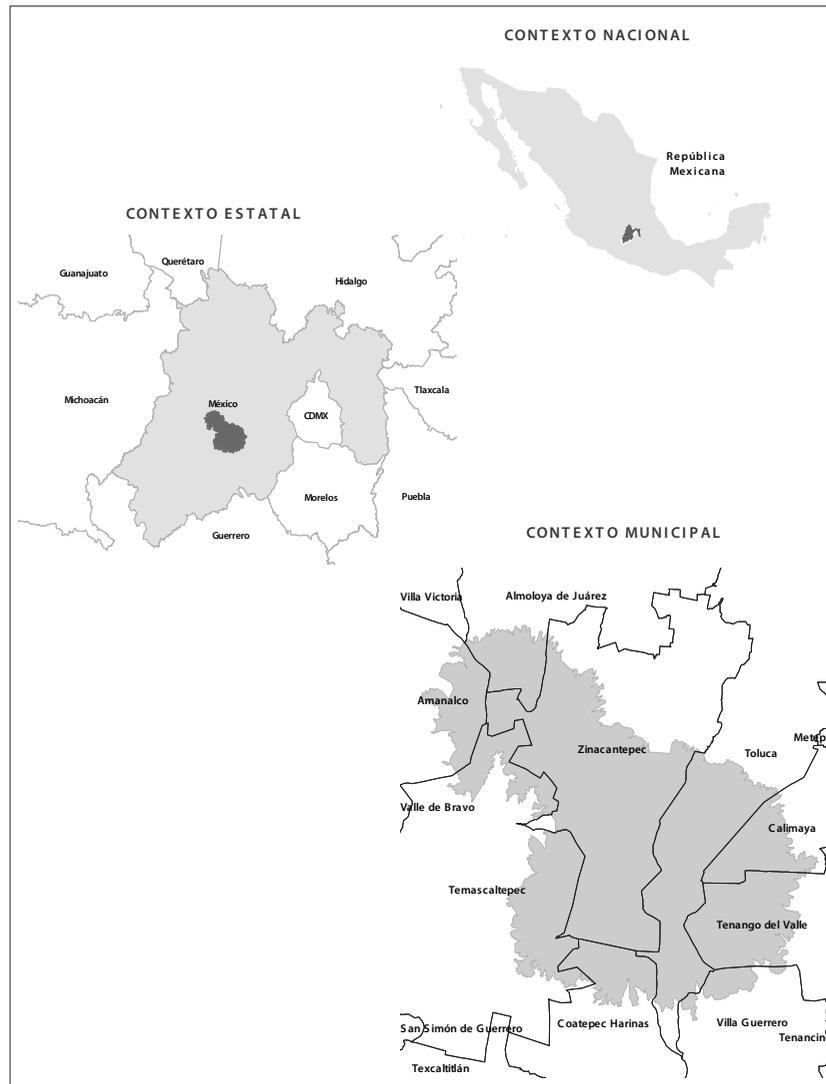


Figura 1. Ubicación del APFF Nevado de Toluca. Fuente: elaboración propia con base en CONANP (2019).

spp. - *Quercus* spp.), oyamelpino (*Abies religiosa* - *Pinus* spp.) y zacatonal alpino (*Muhlenbergia* sp.) (CONANP, 2016).

La conservación del APFFNT es crucial por su relevancia ambiental al originarse en esta dos importantes regiones hidrológicas en México: la región Balsas y la región Lerma-Santiago-Pacífico, las cuales abastecen de agua a varios estados de la república mexicana como Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Zacatecas y una pequeña porción de la Ciudad de México (CONAGUA, 2019).

Metodología

Para entender cómo es la implementación del programa de conservación de suelos en los núcleos agrarios (ejidos y comunidades) que integran el APFFNT, se utilizaron dos acercamientos metodológicos: el primero fue la estadística espacial y el segundo la valoración centrada en la percepción subjetiva.

La estadística espacial es una metodología que utiliza herramientas estadísticas para analizar aspectos relacionados con patrones espaciales (Alegret *et al.*, 2008; Villarreal y Flores, 2015). Este acercamiento metodológico nos permitió examinar si la

distribución del programa en el APFFNT responde a las áreas con mayor incidencia de degradación del suelo.

La valoración centrada en la percepción subjetiva es una metodología que permite analizar y valorar la calidad de un programa partiendo de la percepción de los beneficiarios (Cabrera *et al.*, 2010). Esta metodología sirvió para analizar aspectos fundamentales del programa desde la perspectiva de los núcleos agrarios, los cuales fueron: principales problemas que afectan al recurso suelo en el APFFNT, principales obras de conservación de suelo implementadas, nivel de participación de los núcleos agrarios en el programa y percepción sobre los impactos ambientales, sociales y económicos que ha generado el mismo.

El análisis desde la estadística espacial se llevó a cabo a partir de las bases de datos de los apoyos asignados por la CONAFOR al APFFNT durante el periodo 2011-2018 (CONAFOR, 2019). Posteriormente, se obtuvieron los límites de los núcleos agrarios del Estado de México inscritos en el Registro Agrario Nacional (RAN), así como el límite del APFFNT establecido por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (CONANP, 2019; RAN, 2019). Con estos datos se elaboró un mapa de distribución de montos de apoyo por núcleo agrario y se realizó un análisis de correlación espacial mediante el índice I de Moran con el programa ArcGis (ESRI, 2018a). Posteriormente, se efectuó un análisis clustering alto/bajo para identificar si los grupos que se formaban pertenecían a los montos de apoyo altos o bajos (ESRI, 2018b).

Se obtuvo información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) correspondiente al Conjunto de Datos de Erosión del Suelo escala 1: 250 000 serie I dichos datos fueron los más actuales disponibles (INEGI, 2013) y, con la clasificación hecha por el INEGI (2011), se desarrolló un índice de erosión para cada núcleo agrario de acuerdo con el siguiente algoritmo:

$$IE = \sum[(Ge) \times (Se)]$$

En donde:

IE= índice de erosión.

Ge= grado de erosión.

Se= superficie de erosión dentro del núcleo agrario.

Con la información se generó un mapa de grados de erosión por núcleo agrario y un análisis de correlación empleando el coeficiente de correlación de Pearson (por tratarse de variables cuantitativas y continuas), utilizando las variables: monto asignado por núcleo agrario, superficie del núcleo agrario dentro del APFFNT e índice de erosión del núcleo agrario; esto permitió medir el grado de relación que existía entre dichas variables.

La segunda etapa de la investigación se fundamentó en la valoración de la percepción subjetiva de los núcleos agrarios, para lo cual se diseñó un cuestionario de preguntas abiertas y opción múltiple, utilizando como base el cuestionario realizado por el World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT, 2011). Las preguntas se enfocaron en temas tales como: la percepción sobre los problemas de degradación del suelo en el APFFNT, obras de conservación de suelo implementadas, nivel de participación en el programa e impactos ambientales, sociales y económicos que ha generado el mismo. El cuestionario se aplicó únicamente a los actores que participaron en la implementación del programa, quienes no necesariamente fueron integrantes (o ex integrantes) de la mesa del comisariado ejidal o comunal, sino que también se involucraron personas de los ejidos y comunidades contratados de manera voluntaria para este fin, por lo que el muestreo fue no probabilístico, aplicándose en total 30 cuestionarios.

La participación de los núcleos agrarios en el desarrollo del programa se llevó a cabo a través de 5 etapas: a) iniciación (solicitud de ingreso al programa, selección de los tipos de apoyos y selección de un asesor técnico), b) planeación (selección de las áreas de trabajo, selección de las obras y selección de los tiempos de ejecución), c) implementación (construcción de las obras), d) seguimiento (mantenimiento y vigilancia de las obras) y e) evaluación (revisión final y elaboración de informes). Asimismo, se consideraron 2 niveles de participación: activa (responsables directos de estas acciones) y pasiva (solo apoyaron parcialmente).

En cuanto a los impactos sociales generados por el programa, se analizaron algunos indicadores como: la participación de la mujer, la participación de los jóvenes y la participación de grupos indígenas.

El impacto económico del programa se midió a través de la generación de empleos, la aportación del programa al elevar el ingreso económico del núcleo agrario y la reducción de la migración laboral.

Waswa *et al.* (2013) mencionan que la degradación del suelo es un problema muy complejo, por lo que, para evaluar la restauración de este recurso, fue necesario considerar indicadores que tomaran en cuenta la recuperación del suelo, de las funciones hidrológicas y de la vegetación. Fue así que se seleccionaron los indicadores de reducción de la erosión, retención de azolves, infiltración del agua e incremento de la cobertura vegetal para evaluar el impacto ambiental del programa desde la perspectiva de los núcleos agrarios.

pues el año 2014 tuvo el monto más alto debido a la colaboración que hubo entre el gobierno federal y el gobierno del Estado de México (CONAFOR, 2014); sin embargo, en los últimos años se identifica una tendencia a la baja, lo cual nos habla de una declinación del programa.

La Figura 3 muestra una distribución donde la mayor parte de los núcleos agrarios con los montos más altos asignados se ubican alrededor de la zona núcleo del APFFNT; asimismo, se observa que el monto de apoyo va disminuyendo conforme los núcleos agrarios se alejan de esta zona.

Al efectuar el análisis de correlación espacial mediante el índice I de Moran, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 1. Estos valores nos indican que los montos que se asignaron presentan un patrón de distribución agrupado.

Al realizar el análisis de clustering alto/bajo se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 2. Dichos resultados, señalan que el patrón de agregación de los núcleos agrarios se presenta

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Implementación del programa de conservación de suelos

Del monto total asignado por la CONAFOR al APFFNT, el 54% se destinó para ejidos y el 15% para comunidades. La Figura 2 muestra los montos asignados por año a los núcleos agrarios (ejidos y comunidades) que integran el APFFNT. La tendencia indica que los apoyos no han sido constantes,

Cuadro 1. Análisis de correlación espacial para montos de apoyo por núcleo agrario.

Índice de Moran	0.611681
Índice Esperado	-0.017857
Varianza	0.013015
Puntuación-z	5.518136
Valor-p	0.000000

Fuente: elaboración propia.

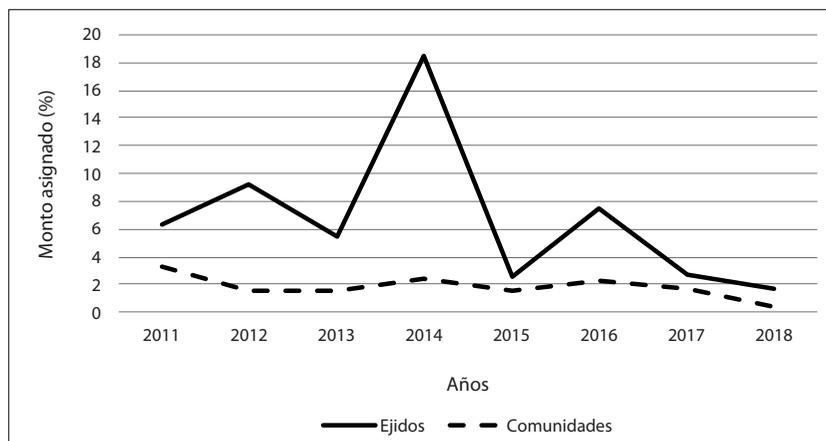


Figura 2. Montos asignados por la CONAFOR a núcleos agrarios del APFFNT. Fuente: CONAFOR (2019).

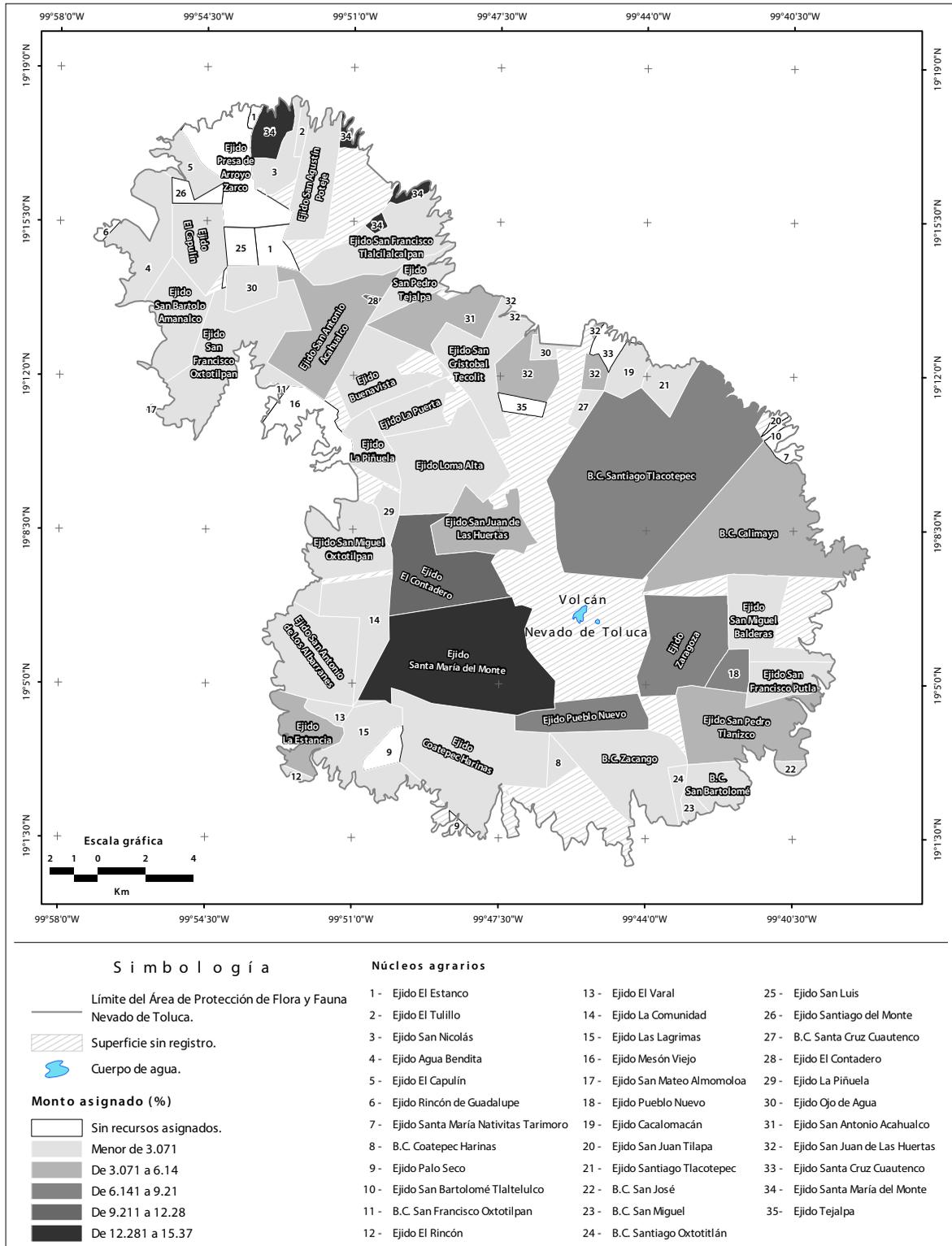


Figura 3. Distribución de montos de apoyo por núcleo agrario. Fuente: elaboración propia con base en CONAFOR (2019).

Cuadro 2. Análisis clustering alto/bajo para montos de apoyo por núcleo agrario.

Observado General G	0.000064
Esperado General G	0.000027
Varianza	0.000000
Puntuación-z	3.482288
Valor-p	0.000497

Fuente: elaboración propia.

en los valores altos de montos de apoyo, es decir, existe un clúster espacial de núcleos agrarios con los montos más elevados, el cual está integrado por: Bienes Comunales Santiago Tlacotepec, Bienes Comunales Calimaya, Ejido Zaragoza, Ejido Pueblo Nuevo, Ejido Santa María del Monte, Ejido El Contadero y Ejido San Juan de las Huertas. Este resultado confirma una centralización en los recursos asignados y la formación de un clúster de ejidos y comunidades alrededor de la zona núcleo que está acaparando la mayor parte de los recursos económicos provenientes del programa de conservación de suelos.

El análisis de grados de erosión indica que existen dos corredores de núcleos agrarios con grados de erosión altos (Figura 4). El primer corredor está integrado por los núcleos agrarios: Ejido de San Francisco Tlalcilcalpan, Ejido San Pedro Tejalpa, Ejido San Antonio Acahualco, Ejido Buenavista, Ejido San Cristóbal Tecolotitlán, Ejido Loma Alta, Ejido El Contadero, Ejido Santa María del Monte y concluye con el Ejido las Lágrimas, formando un corredor que atraviesa por la mitad el APFFNT. Dicho corredor coincide con la ubicación de las carreteras federales Toluca-Ciudad Altamirano y La Puerta-Sultepec. Este resultado concuerda con la investigación de Arroyave *et al.* (2006), quienes señalan que las carreteras generan no solo un impacto en la fragmentación de ecosistemas, sino que, además, provocan un efecto borde negativo al cambiar las condiciones bióticas y abióticas en las inmediaciones de las vías de comunicación, situación que, en el caso del APFFNT, se constata al verse afectada no solo la vegetación sino también el recurso suelo.

El segundo corredor se ubica en el lado este del APFFNT y abarca los predios: Bienes Comunales Santiago Tlacotepec, Bienes Comunales Calimaya, Ejido San Miguel Balderas, Ejido San Francisco Putla y concluye con el Ejido San Pedro Tlanizco; la ubicación de dicho corredor concuerda con las áreas urbanas más cercanas al APFFNT, como tal es el caso de: Toluca, Zaragoza de Guadalupe, San Miguel Balderas, Santa Cruz Pueblo Nuevo y San Pedro Tlanizco. Estos resultados se confirman al contrastar los datos obtenidos por Hernández *et al.* (2009, p. 187), quienes mencionan que los municipios de Toluca, Calimaya y Tenango del Valle presentan zonas con niveles altos de erosión que “coinciden con la presencia de varias localidades lo cual indica que la presencia humana puede estar influyendo de manera significativa en el proceso erosivo”. Asimismo, estos autores concluyen que las zonas que presentan valores más altos de erosión son las agrícolas que colindan con la zona forestal, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que en ambos corredores los niveles más altos de erosión se encontraron en las zonas parceladas de los ejidos y comunidades que se destinan para actividades agrícolas y pecuarias, que se ubican de forma contigua a la zona forestal de uso común.

Con el fin de identificar el nivel de vinculación que existe entre el grado de erosión que presentan cada uno de los núcleos agrarios que integran el APFFNT y el monto económico que se les asignó por parte del gobierno, se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson de dichas variables, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 3. Los resultados indican que existe una correlación positiva entre la variable monto asignado e índice de erosión, esto quiere decir que, al incrementarse el índice de erosión del núcleo agrario, se incrementa también el monto asignado; sin embargo, esta relación es baja, lo que quiere decir que, si bien se considera el grado de erosión que presenta el predio, esta variable no es determinante en la asignación de los montos de apoyo. Este resultado coincide con el trabajo de Cotler *et al.* (2007) quienes mencionan que uno de los problemas principales de los programas de conservación de suelos actuales es que utilizan

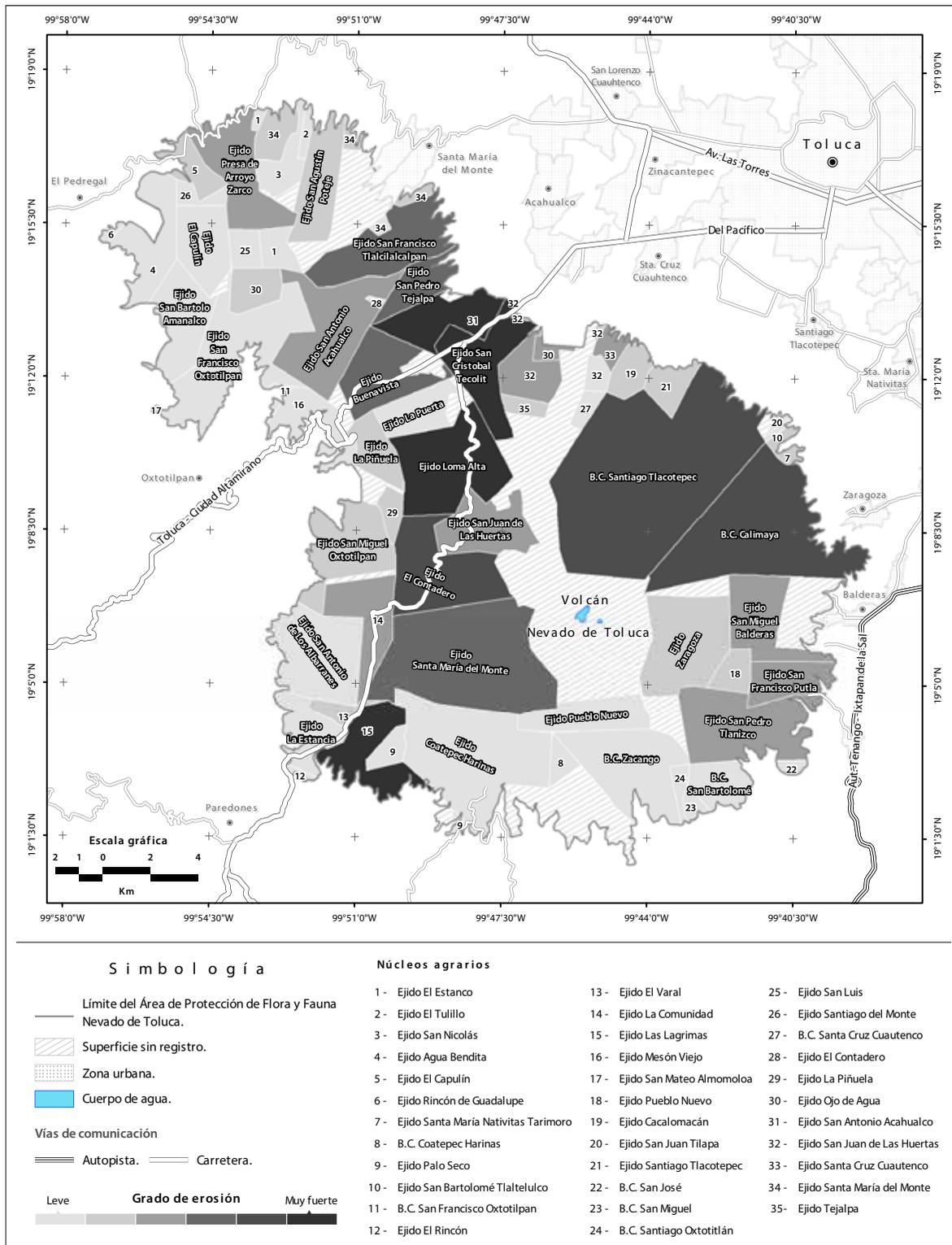


Figura 4. Grados de erosión por núcleo agrario. Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2013).

Cuadro 3. Núcleos agrarios que integran el APFFNT e índices de correlación.

Municipio	Núcleo agrario	Superficie dentro del APFF (ha)	Monto asignado (%)	Índice de erosión
Almoloya de Juárez	Ejido El Estanco	274.18	0.00	0.61
	Ejido El Tulillo	82.37	0.07	0.31
	Ejido Presa de Arroyo Zarco	1044.67	0.00	6.70
	Ejido San Agustín Poteje	787.57	0.15	1.64
	Ejido San Francisco Tlalcilcalpan	1150.83	0.73	8.24
Amanalco	Ejido San Nicolás	347.33	0.41	0.31
	Ejido Agua Bendita	815.88	0.19	0.14
	Ejido El Capulín	1007.38	0.08	1.78
	Ejido Rincón de Guadalupe	38.57	0.00	0.00
Calimaya	Ejido San Bartolo Amanalco	821.18	0.98	0.30
	Bienes Comunes Calimaya	2713.56	5.36	20.20
	Ejido Santa María Nativitas Tarimoro	118.76	0.00	1.12
Coatepec Harinas	Ejido Zaragoza	1321.97	6.79	1.60
	Bienes Comunes Coatepec Harinas	150.50	0.32	0.00
	Ejido Coatepec Harinas	2238.70	2.18	0.00
Metepec	Ejido Palo Seco	219.24	0.00	0.00
	Ejido San Bartolomé Tlaltelulco	31.38	0.00	0.25
Temascaltepec	Bienes Comunes San Francisco Oxtotilpan	43.30	0.00	0.00
	Ejido El Rincón	39.81	0.43	0.00
	Ejido El Varal	165.11	0.14	1.91
	Ejido La Comunidad	769.36	2.39	4.10
	Ejido La Estancia	538.37	3.53	0.01
	Ejido Las Lagrimas	850.62	1.28	37.91
	Ejido Mesón Viejo	550.09	0.00	0.00
	Ejido San Antonio de Los Albarranes	1,246.17	0.98	0.15
	Ejido San Francisco Oxtotilpan	1,663.32	2.02	0.44
	Ejido San Mateo Almomoloa	6.76	0.98	0.00
Tenango del Valle	Ejido San Miguel Oxtotilpan	1,025.03	1.59	1.08
	Ejido Pueblo Nuevo	918.07	6.42	1.49
	Ejido San Francisco Putla	497.77	2.48	3.76
	Ejido San Miguel Balderas	863.33	0.28	5.06
Toluca	Ejido San Pedro Tlanizco	1,435.73	4.14	4.74
	Bienes Comunes Santiago Tlacotepec	5,012.94	9.13	28.10
	Ejido Cacalomacán	295.37	0.09	1.06
	Ejido San Juan Tilapa	32.13	0.00	0.25
	Ejido Santiago Tlacotepec	297.27	0.32	2.30

Cuadro 3. Continúa.

Municipio	Núcleo agrario	Superficie dentro del APFF (ha)	Monto asignado (%)	Índice de erosión
Villa Guerrero	Bienes Comunales San Bartolomé	422.48	1.32	0.00
	Bienes Comunales San José	62.67	0.21	0.00
	Bienes Comunales San Miguel	92.92	0.39	0.00
	Bienes Comunales Santiago Oxtotitlán	110.99	0.42	0.00
	Bienes Comunales Zacango	1,338.63	2.75	0.00
Villa Victoria	Ejido San Luis	220.33	0.00	0.11
	Ejido Santiago del Monte	142.23	0.00	0.01
Zinacantepec	Bienes Comunales Santa Cruz Cuautenco	123.76	0.55	0.27
	Ejido Buenavista	885.57	0.38	9.66
	Ejido El Contadero	1,334.69	9.87	24.15
	Ejido La Piñuela	598.69	0.06	4.40
	Ejido La Puerta	506.64	2.81	0.89
	Ejido Loma Alta	1,493.49	2.30	54.51
	Ejido Ojo de Agua	451.69	1.09	7.44
	Ejido San Antonio Acahualco	2,191.66	4.26	43.09
	Ejido San Cristóbal Tecolot	999.94	1.30	37.27
	Ejido San Juan de Las Huertas	1,480.81	3.16	15.09
	Ejido San Pedro Tejalpa	444.15	0.32	8.48
	Ejido Santa Cruz Cuautenco	162.09	0.00	4.63
	Ejido Santa María del Monte	3,309.40	15.37	13.23
Ejido Tejalpa	128.42	0.00	1.23	
Variables		Coeficientes de correlación		
Monto asignado- Índice de erosión		0.36886826		
Monto asignado-Superficie dentro del APFFNT		0.74563701		

Fuente: elaboración propia.

límites administrativos (tal es el caso de ejidos y comunidades) como unidades de trabajo, lo que dificulta dirigir las acciones de conservación y restauración de suelo, específicamente a las áreas con grados de erosión moderados y altos, ya que dichas zonas pocas veces coinciden con los límites administrativos.

Otro resultado que se obtuvo de la investigación fue el índice de correlación de Pearson para las variables monto asignado y superficie del núcleo agrario dentro del APFFNT. El resultado señala una correlación positiva más fuerte que en las va-

riables monto asignado e índice de erosión, lo que implica que la superficie del núcleo agrario dentro del área natural protegida está siendo una variable mucho más importante al momento de asignar los montos de apoyo que el grado de erosión que presenta el núcleo agrario. Esta situación nos habla de un programa que presta mayor importancia a las superficies a restaurar que al nivel de erosión que presentan; dicho resultado se confirma al revisar la metodología con la cual se evalúan a los programas de conservación de suelo actuales, la cual toma como referente de medición la superficie

atendida sin considerar los cambios en la calidad del suelo resultado de las acciones del programa (CONEVAL, 2018).

Percepción de los núcleos agrarios sobre el programa

En lo que respecta a la aplicación del cuestionario, los encuestados manifestaron que las 3 principales razones que los motivaron a participar en el programa fueron: conservar el suelo (88%), revertir los procesos de deforestación (83%) y, finalmente, generar empleos en su núcleo agrario (61%). La percepción del 94% de los encuestados fue que estas obras sí eran necesarias; sin embargo, tan sólo el 17% mencionó que realizarían este tipo de trabajos sin apoyo económico. Estos resultados muestran un bajo nivel de apropiación de las obras por parte de los núcleos agrarios del APFFNT, lo cual coincide con los resultados hallados en los estudios de Cotler *et al.* (2013, 2015). Por otro lado, solo el 33% declaró conocer las obras de conservación de suelo antes de participar en el programa.

En la Figura 5, se muestran los resultados obtenidos con respecto a la percepción que tienen los núcleos agrarios sobre los problemas que afectan al recurso suelo en el APFFNT a partir de las categorías de degradación del suelo establecidas por Stocking y Murnaghan (2001).

El problema que afecta más al APFFNT, desde el punto de vista de los núcleos agrarios, es la disminución de fertilidad del suelo seguida por la erosión hídrica y la pérdida de cobertura vegetal. Asimismo, el 66.6% de los encuestados señalan que la deforestación y el cambio de uso de suelo

-principalmente para parcelas de cultivo de papa-son las principales causas de estos problemas. Estos resultados coinciden con las investigaciones efectuadas por Franco *et al.* (2006) y Cruz *et al.* (2012), quienes señalan que el cambio de uso de suelo y la deforestación están generando impactos negativos en el recurso suelo del APFFNT.

En lo concerniente a las obras de conservación de suelo realizadas como parte del programa, los encuestados manifestaron haber utilizado las siguientes: zanja trinchera (excavaciones rectangulares intercaladas de 2 m de largo por 0.4 m de ancho y profundidad) 78.7%, terrazas individuales (terraplén circular de 1 m de diámetro construido alrededor del árbol) 77.6%, acomodo de material vegetal muerto (cordones de restos vegetales colocados a curvas a nivel) 72.2%, zanja bordo (excavaciones rectangulares de 5 m de largo por 0.4 m de ancho y profundidad) 66.6%, bordos a curva de nivel (bordos continuos de 0.65 m de altura perpendiculares a la pendiente) 44.5%, presas de morillo (presas echas en cárcavas con troncos de diámetros mayores a 0.1 m) 44.4% y presas de ramas (presas construidas en pequeñas cárcavas con ramas sin hojas) el 16.6% (CONAFOR, 2016). Según Cotler *et al.* (2015), las zanjas trinchera están diseñadas para permitir el almacenamiento de agua en climas áridos; sin embargo, su aplicación en climas templados genera importantes impactos negativos en la calidad del suelo como la erosión del suelo removido y la mineralización del carbono orgánico edáfico. Por otro lado, en un estudio elaborado por Cotler *et al.* (2013) en la zona centro de México, se menciona que no se encontraron dife-

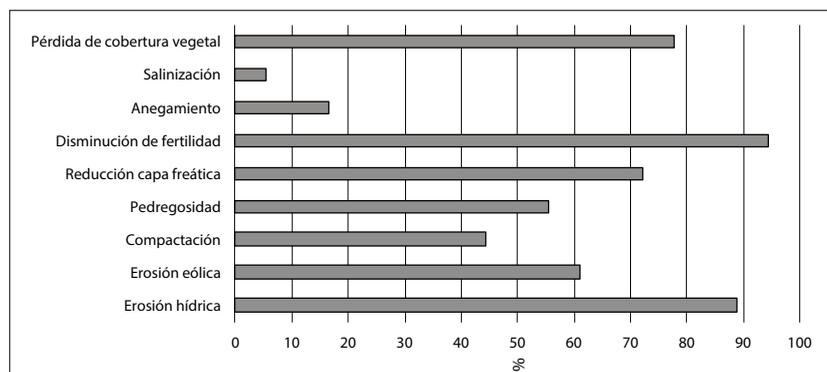


Figura 5. Problemas que afectan al recurso suelo en el APFFNT. Fuente: elaboración propia con base en cuestionarios aplicados en campo.

rencias significativas entre sitios con zanjas, terrazas individuales y acomodo de material vegetal muerto y sitios sin dichas obras. Considerando lo anterior, se tiene que las tres principales obras de conservación de suelos implementadas en el APFFNT no son las más adecuadas para lograr tal fin.

Los resultados sobre la participación de los núcleos agrarios en el programa se muestran en la Figura 6.

Galán *et al.* (2012) mencionan que es de suma importancia contar con la participación de los núcleos agrarios en el desarrollo de programas enfocados en la conservación y restauración de los recursos naturales, pues esto permite tener un conocimiento más profundo de las causas y consecuencias de un problema así como encontrar las soluciones más eficientes y factibles. Sin embargo, los resultados muestran que la participación de los ejidos y comunidades en el programa varía según la etapa que se trate, siendo la etapa de iniciación del programa la que reporta los niveles más bajos de participación activa. Esto se debe principalmente a la poca experiencia que tienen los núcleos agrarios al inicio del programa, por lo que gran parte de las actividades son efectuadas por el asesor técnico. Es durante la etapa de planeación e implementación cuando los núcleos agrarios tienen una participación más activa debido a que durante este periodo se les otorga la mayor parte del recurso económico y, bajo la dirección del asesor técnico, realizan las actividades de conservación de suelo. En las etapas de seguimiento y evaluación la participación activa de los núcleos agrarios vuelve a disminuir debido a que las actividades que se realizan en este periodo

son únicamente de mantenimiento con un monto económico menor.

De manera adicional, el 33.3% de los encuestados reportan haber tenido problemas durante la etapa de implementación debido, principalmente, a que los miembros de su núcleo agrario estaban de acuerdo con el programa, pero no querían ser ellos quienes hicieran los trabajos, por lo que fue necesario contratar a personas de otros ejidos y comunidades. El 5.5% reportan problemas en la etapa de seguimiento debido a cambios de autoridades del comisariado ejidal o comunal que retrasaron las actividades de mantenimiento y vigilancia de las obras.

En cuanto a los impactos sociales, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 7.

El indicador que tuvo el nivel más bajo de participación fue el de grupos indígenas, lo cual se debe, según los entrevistados, a que las personas indígenas que radican en sus núcleos agrarios son individuos en su mayoría de la tercera edad, por lo que no cuentan con la condición física para participar en el programa, a pesar de tener interés en el mismo.

La participación de la mujeres en este tipo de programas es de medio a bajo, dado que la construcción de las obras de conservación de suelo es un trabajo físico extenuante, la responsabilidad se confiere a los hombres, destinando a las mujeres las actividades físicas menos exigentes como la reforestación y el mantenimiento de la misma. Esta situación coincide con el estudio realizado por Vázquez (2015), quien resalta que la división genérica del trabajo en el manejo forestal comunitario es el reflejo de un sistema social que implanta

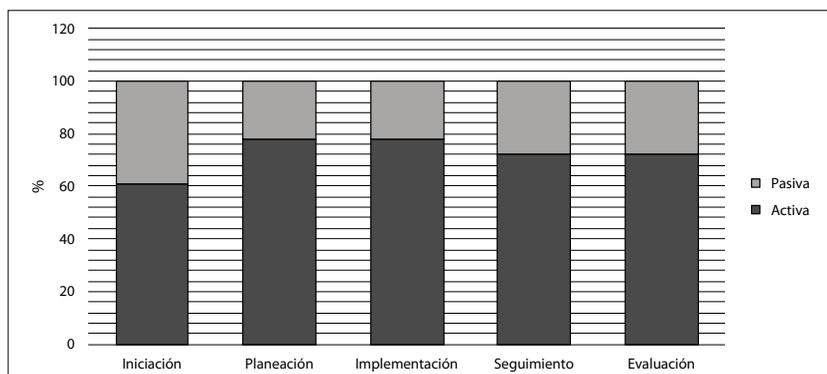


Figura 6. Niveles de participación de los núcleos agrarios en el programa. Fuente: elaboración propia con base en cuestionarios aplicados en campo.

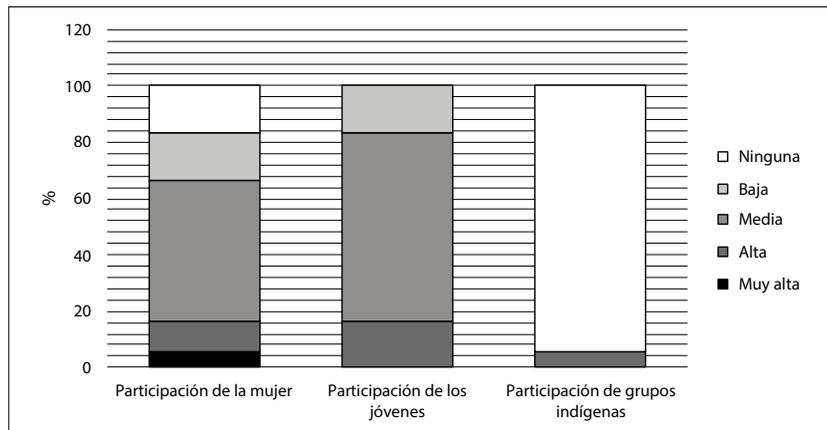


Figura 7. Impactos sociales generados por el programa. Fuente: elaboración propia con base en cuestionarios aplicados en campo.

las actividades a realizar según su género, dejando a los hombres las actividades físicas más agotadoras y a las mujeres las actividades físicas menos demandantes.

En cuanto a los jóvenes su participación en el programa es de nivel medio, su inclusión en las actividades se encuentra vinculada a la oferta de trabajo en las ciudades cercanas, y si existe carencia del mismo, los jóvenes incrementan su participación en el programa y viceversa; si existen fuentes de empleo en las ciudades aledañas su participación disminuye. Este hecho puede explicarse con el estudio de González *et al.* (2018), quienes analizaron el proceso mediante el cual los jóvenes de las zonas rurales de Tlaxcala, los jóvenes se incorporan de forma temprana al mercado laboral, concluyendo que la mayoría de estos han optado por pasar del

sector primario al sector terciario, situación que coincide con los jóvenes del APFFNT.

Los resultados de los impactos económicos se muestran en la Figura 8.

En promedio, se reporta una generación de empleos directos por núcleo agrario de 25 personas. De manera particular, cada núcleo agrario toma diferentes estrategias para distribuir dichos empleos, ya que algunos generan 25 empleos permanentes durante todo el año, mientras que otros prefieren generar 100 empleos temporales en solo 4 meses. La percepción de la generación de empleos presenta un equilibrio entre los niveles alto, medio y bajo, lo cual está en función del tamaño del núcleo agrario. En los núcleos agrarios más grandes, la percepción de generación de empleo es baja debido a la gran cantidad de población que albergan, mientras que

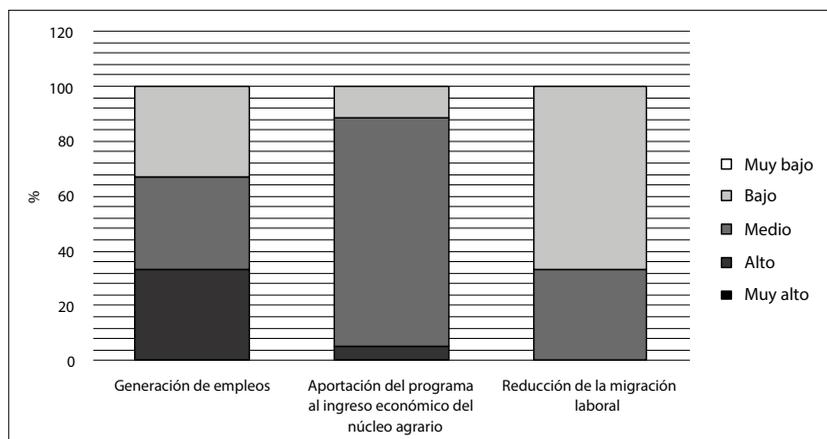


Figura 8. Impactos económicos generados por el programa. Fuente: elaboración propia con base en cuestionarios aplicados en campo.

en los núcleos agrarios pequeños la generación de empleo es percibida como alta, ya que los pobladores son pocos.

La percepción que tienen los entrevistados sobre la aportación del programa al ingreso económico del núcleo agrario, en su mayoría, es de un nivel medio. En este punto, los entrevistados coincidieron en que los ingresos que genera el programa dentro de los ejidos y las comunidades son importantes para mitigar de manera parcial la pobreza que existe en sus núcleos agrarios, ya que las familias de más bajos recursos son quienes participan en el programa. Espinosa *et al.* (2015) mencionan que, efectivamente, los programas sociales que implementa el gobierno en las comunidades rurales tienen un impacto en la reducción de la pobreza y la desigualdad; sin embargo, mencionan que es necesario que dichos programas se encuentren bien dirigidos hacia las familias de ingresos más bajos, pues de lo contrario se puede incrementar la desigualdad y no tener el efecto positivo en la reducción de la pobreza.

La reducción de la migración laboral presentó un nivel en su mayoría bajo. Esto quiere decir que, si bien el programa genera empleos, estos son insuficientes para mantener a los habitantes del APFFNT en sus núcleos agrarios. Del Rey (2010) menciona que algunos de los factores que promueven la migración laboral en las zonas rurales son: el agotamiento de las tierras (cada vez hay menos disponibilidad de terrenos por habitante), la disminución de fuentes de empleo en la región

y el crecimiento poblacional, por lo cual la migración laboral continuará mientras no se atiendan estos factores en el APFFNT. Los resultados de los impactos ambientales se muestran en la Figura 9.

Los valores más altos los obtuvo la reducción de la erosión, lo cual se debe a que los encuestados manifestaron que, desde la implementación de las obras, han notado “menos desgaste del suelo” y una disminución en el tamaño de sus cárcavas. Sin embargo, en algunos estudios donde se ha evaluado la recuperación del suelo posterior a la implementación de las prácticas de conservación y restauración de suelo (Cotler *et al.*, 2013; Cotler *et al.*, 2015), se ha concluido que, dependiendo del tipo de obras y el contexto en el que se apliquen, el programa puede tener un efecto positivo o negativo en el suelo al favorecer la erosión y emisión del carbono del suelo que se excava durante la realización de las obras. Por lo tanto, sería necesario efectuar estudios posteriores para determinar si las obras del programa de conservación de suelos son adecuadas para el contexto del APFFNT.

El indicador que presentó valores más bajos fue el de infiltración de agua, ya que los encuestados perciben que existe poca recarga de los mantos freáticos en su territorio a pesar de la implementación del programa. Este resultado difiere de lo evidenciado por Cotler *et al.* (2015), quienes hallaron que la mayoría de los sitios con zanjas trincheras presentaron mayor capacidad de infiltración que los sitios que no tienen este tipo de obras; sin embargo, en este mismo estudio se menciona

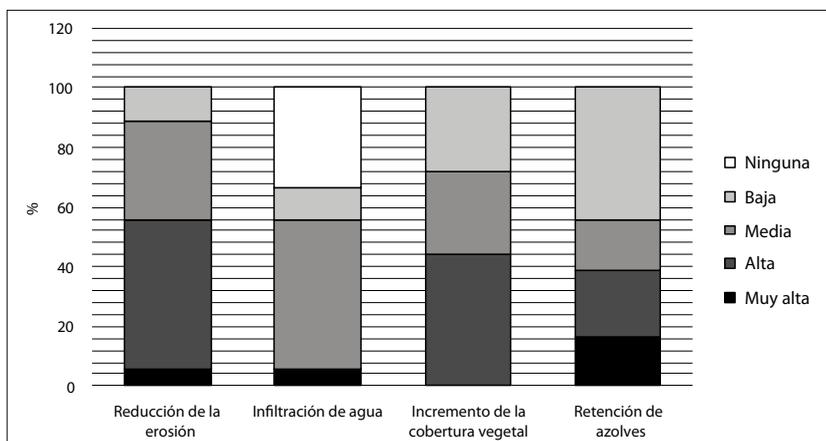


Figura 9. Impactos ambientales generados por el programa. Fuente: elaboración propia con base en cuestionarios aplicados en campo.

que uno de los factores que puede promover que haya mayor infiltración en un sitio sin obras que otro donde si las hay es la existencia de una densa cobertura vegetal, por lo que es necesario efectuar estudios particulares que nos permitan conocer si las obras implementadas en el APFFNT efectivamente favorecen o no la infiltración.

El incremento de la cobertura vegetal presentó un nivel predominantemente alto, lo cual, según los entrevistados es producto de las actividades de reforestación que se realizan de manera complementaria dentro del programa. Desde la perspectiva de los núcleos agrarios, estas reforestaciones han servido para aumentar la cobertura vegetal en el APFFNT; sin embargo, Gómez Tagle y Chávez (2000) mencionan que la recuperación del suelo depende en gran medida de la formación de humus, por lo que el tipo de plantas que se utilizan en la reforestación es de suma importancia para lograr tal fin pues, de lo contrario, si las especies seleccionadas son inadecuadas se pueden generar efectos degradantes en el suelo.

En cuanto a la retención de azolves se refiere, este indicador tuvo un nivel en su mayoría bajo, lo cual implica que, desde la perspectiva de los entrevistados, las obras son insuficientes para retener el suelo que escurre durante la temporada de lluvias; según expresaron, esta situación se debe a que las pendientes del APFFNT son muy pronunciadas y se requiere de un mayor número de obras para detener la gran cantidad de azolves que se producen. Esto coincide con los resultados del análisis de estadística espacial en donde se obtuvo que las zonas más erosionadas no son las que cuentan con los montos de apoyo más altos y, por lo tanto, el número de obras que pueden implementar es limitado.

CONCLUSIONES

El objetivo de llevar a cabo programas focalizados en áreas prioritarias es que los recursos de los programas de conservación de suelos se dirijan hacia las zonas forestales más erosionadas; sin embargo, el diseño actual del programa provoca que los recursos sean asignados a zonas que coinciden poco

con las áreas que presentan los grados más elevados de erosión. La falta de una estrategia efectiva de asignación de apoyos económicos ha propiciado la formación de un clúster de núcleos agrarios que acaparan la mayor parte de los recursos económicos de los programas de conservación de suelos, lo cual no es responsabilidad de los ejidos y comunidades, sino del diseño del programa. Si bien los montos asignados están favoreciendo acciones de conservación de suelos alrededor de la zona núcleo del APFFNT en la parte alta de las cuencas Lerma-Santiago y Balsas, es necesario considerar que las zonas que presentan mayor erosión son las zonas agrícolas que se ubican cerca del límite de la zona forestal; por lo tanto, el programa debe considerar acciones que impacten en esta área, estableciendo lineamientos adecuados para garantizar una asignación de recursos económicos más eficiente para dar solución al problema de la degradación del suelo.

En el caso del APFFNT, se observa que los ejidos y comunidades con los niveles de erosión más elevados concuerdan con las carreteras que atraviesan el área natural protegida y con las zonas más cercanas a las áreas urbanas.

Un factor primordial que se debe de considerar —tanto en la asignación de los apoyos económicos como en la evaluación del programa— es el grado de erosión que presentan los núcleos agrarios. La asignación de recursos económicos debe de estar en función de la gravedad de los problemas de erosión que se pretenden resolver, ya que un área con erosión alta requerirá una mayor inversión económica para su restauración en comparación con un área que presente un nivel de erosión moderado, a pesar de que ambos sitios cuenten con la misma superficie.

La erosión es uno de los problemas de degradación de suelo más notable en el APFFNT; sin embargo, no es el único e incluso existen otros más prioritarios desde la perspectiva de los núcleos agrarios, como lo es la disminución de la fertilidad. Es necesario crear una estrategia de conservación de suelos integral que nos permita atender el problema de la degradación del suelo en todas sus vertientes y no solamente abocarnos al problema de la erosión; además, debe tener un mayor énfasis en atacar las causas (deforestación y cambio de uso de suelo)

más que las consecuencias, para atender el problema desde su origen. El programa debe considerar un tipo de apoyo que fomente el cambio de uso de suelo de agrícola a forestal, lo que solamente se puede lograr asignando un monto similar al que aporta el cultivo de papa, pues de esta manera el programa sería más atractivo para los dueños de las parcelas agrícolas que colindan con el bosque y se podría llevar a cabo un proceso de reconversión de zonas agrícolas a plantaciones forestales comerciales en esta área.

Es necesario efectuar estudios que nos permitan conocer de manera particular si efectivamente las 3 obras más utilizadas en el APFFNT (zanja trinchera, terraza individual y acomodo de material vegetal muerto) son las más adecuadas para lograr la conservación del suelo en este sitio.

Asimismo, resulta fundamental identificar acciones que nos permitan elevar el nivel de participación de los núcleos agrarios en el programa haciendo énfasis en la etapa de iniciación y sobre todo desarrollando instrumentos que ayuden a los núcleos agrarios que ingresan por primera vez al programa comprender su funcionamiento de una forma clara y sencilla para que puedan tener una participación más activa en la solicitud de ingreso, en la selección de los tipos de apoyos y en la selección del asesor técnico.

Si bien el análisis de los impactos que ha tenido el programa desde la perspectiva de los núcleos agrarios tiene una inclinación cualitativa, esta nos brinda una base fundamental para mejorar al mismo tomando en cuenta la visión de los actores locales. Es así que, dentro del aspecto social, un punto que se debe mejorar es la poca participación de los grupos indígena. En el aspecto económico, el índice que se debe trabajar es la reducción de la migración laboral y en el aspecto ambiental se debe fomentar otro tipo de acciones que favorezcan aún más la infiltración de agua, ya que, desde la perspectiva de los núcleos agrarios, las actividades que se están llevando a cabo son insuficientes para favorecer la recarga de los mantos freáticos.

Por último, es necesario mencionar que los análisis de cómo operan los programas ambientales a nivel local son muy importantes, pues su éxito dependerá de que el diseño, la implementación

y la evaluación de dichos programas mejoren a partir de la visión de quienes ejecutan y viven de manera directa su operación y resultados, lo cual es indispensable para alcanzar un proceso de retroalimentación y mejora continua.

REFERENCIAS

- Alegret, M., M. Herrera y Grau, R. (2008). Las técnicas de estadística espacial en la investigación salubrista: Caso síndrome de Down. *Revista Cubana de Salud Pública*, 34(4), 1-11.
- Arroyave, M. P., C. Gómez, M. Gutiérrez, D. Múnera, P. Zapata, I. Vergara y Ramos, K. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, 1(5), 45-57.
- Cabrera, F. A., T. Donoso, A. Aneas, J. del Campo y Pi, A. (2010). Valoración de la satisfacción de usuarios de programas sociales: propuesta de un modelo de análisis. *Revista de Educación*, 351, 311-336. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/41206269_Valoracion_de_la_satisfaccion_de_usuarios_de_programas_sociales_propuesta_de_un_modelo_de_analisis
- CONAFOR. (2011). *Lineamientos de Operación para el Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas en Zonas Prioritarias*. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx/web/apoyos/apoyos-2012>
- CONAFOR. (2012). *Programa de Restauración Forestal de Cuencas Hidrográficas Prioritarias*. México: Comisión Nacional Forestal.
- CONAFOR. (2014). Convocatoria 2014 para proyectos especiales de conservación y restauración forestal del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (PE-Nevado de Toluca).
- CONAFOR. (2016). *Manual de obras y prácticas de protección, restauración y conservación de suelos forestales*. México: Comisión Nacional Forestal.
- CONAFOR. (2019). Apoyos CONAFOR. Recuperado de <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-conafor>
- CONAGUA. (2019). Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas SIGACUA. Recuperado de <https://sigagis.conagua.gob.mx/aprovechamientos>
- CONANP. (2013). Estudio Previo Justificativo para la Modificación para la Declaratoria del Área Natural Protegida Parque Nacional Nevado de Toluca. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- CONANP. (2016). *Programa de Manejo: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

- CONANP. (2019). *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas* Recuperado de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info_kml.htm
- CONEVAL. (2018). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social* Recuperado de https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/Documents/EVALUACIONES/FMyE_2016_2017/FMyE_16_S219.pdf
- Cotler, H., Cram, S., Martínez, S. y Quintanar, E. (2013). Forest soil conservation in central Mexico: An interdisciplinary assessment. *Catena*, 104, 280-287. DOI: 10.1016/j.catena.2012.12.005.
- Cotler, H., Cram, S., Martínez, S. y Bunge, V. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera. *Investigaciones Geográficas*, 88, 6-18. DOI: 10.14350/rig.47378.s
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., María, Z., Sofía, C. y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, 83, 5-71.
- Cruz, E., Cruz, A. Aguilera, L. I., Norman, H. T., Velázquez, R. A., Nava, G., Dendooven, L. y Reyes, B. G. (2012). Efecto en las características edáficas de un bosque templado por el cambio de uso de suelo. *Terra latinoamericana*, 30(2), 189-197.
- Del Rey, A. (2010). La primera migración laboral en las poblaciones rurales del sur de Veracruz, México. *Papeles de Población*, 16(64), 31-65.
- DOF. (1936). *Decreto que declara Parque Nacional el Nevado de Toluca*. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (1942). *Acuerdo que crea el Departamento de Conservación del Suelo*. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2001). *Decreto por el que se crea la Comisión Nacional Forestal*. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2013). *Decreto que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada Nevado de Toluca*. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2018). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*, México: Diario Oficial de la Federación.
- Espinosa, M. A., Reyes, V. G., Torres, J. y Pérez, F. C. (2015). Programas sociales como alternativa para generar la redistribución del ingreso: un estudio de caso. *Estudios Sociales*, 23(46), 272-288.
- ESRI. (2018a), *Cómo funciona Autocorrelación espacial (I de Moran global)*. Recuperado de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>
- ESRI. (2018b), *Cómo funciona Clustering alto/bajo (G general de Getis-Ord)*. Recuperado de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/h-how-high-low-clustering-getis-ord-general-g-spat.htm>
- FAO. (2015), *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es>
- Franco, S., Regil, H., González, C. y Nava, G. (2006). Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. *Investigaciones Geográficas*, 61, 38-57. DOI: 10.14350/rig.29996.
- Franco, S. (2009). *Estimación de la Captura de Carbono en Zonas Forestales: El caso del Parque Nacional Nevado de Toluca*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Galán, C., Balvanera, P. y Castellarini, F. (2012). *Políticas públicas hacia la sustentabilidad: integrando la visión ecosistémica*. México: CONABIO.
- Gómez Tagle, A. y Chávez, Y. (2000). Degradación de suelos forestales y programas de reforestación. *Foresta Veracruzana*, 2(1), 41-50.
- González, I., Salas, H. J. y Hernández, H. D. (2018). Jóvenes rurales y empleo en Tlaxcala, México: trayectorias inciertas. *Revista mexicana de sociología*, 80(3), 549-575. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iis.01882503p.2018.3.57737>.
- Hernández, M., García, J., Quentin, E. y Díaz, C. (2009). "Identificación de áreas críticas de erosión en el Curso Alto del Río Lerma. *Ciencia Ergo Sum*, 16(2), 181-188.
- INEGI. (2011). *Diccionario de datos de erosión del suelo*. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/edafologia/metadatos/dicc_erosion.pdf
- INEGI. (2013). *Conjunto de Datos de Erosión del Suelo Escala 1: 250,000 Serie I*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/buscar/default.html?q=Conjunto+de+Datos+de+Erosi%C3%B3n+del+Suelo>
- Martínez, J. A. y Arellano, R. E. (2010). Uso comunitario de los recursos naturales en el Ejido Lagunillas, Jalisco, Mexico. *Ambiente y Desarrollo*, 14(26), 96-109.
- Osorio, M., Franco, S., Ramírez, I. L., Nava, G., Espinosa, G. N. y Regil, H. H. (2011). El visitante del Parque Nacional Nevado de Toluca, México: Análisis del comportamiento en un área natural protegida. *Investigaciones Geográficas*, 76, 56-70.
- RAN. (2019). *Registro Agrario Nacional*. Recuperado de <http://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php>
- Sánchez, C. y Díaz, H. (2011). Pueblos, comunidades y ejidos en la dinámica ambiental de la Ciudad de México. *Cuicuilco*, 18(52), 191-224.

- SEMARNAT. (2002). *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales* Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores16/conjuntob/indicador/03_suelos/3_.html
- SEMARNAT. (2014). Sistema Nacional de Indicadores Ambientales. Recuperado de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores14/conjuntob/indicador/03_suelos/3_4.html
- Stocking, M. y Murnaghan, N. (2001). *Handbook for the: Field Assessment of Land Degradation*. Gran Bretaña: Earthscan.
- Vázquez, V. (2015). Manejo forestal comunitario, gobernanza y género en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Sociología*, 77(4), 611-635. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iis.01882503p.2015.4.52673>.
- Villarreal, A. y Flores, M. A. (2015). Identificación de clusters espaciales y su especialización económica en el sector de innovación. *Región y Sociedad*, 27(62), 117-147.
- Waswa, B., Vlek, P., Tamene, L. Okoth, P., Mbakaya, D. y Zingore, S. (2013). Evaluating indicators of land degradation in smallholder farming systems of western Kenya. *Geoderma*, 195-196, 192-200. DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.11.007.
- WOCAT. (2011). *Where the land is greener- case studies and analysis of soil and water conservation initiatives worldwide*. Berna: World Overview of Conservation Approaches and Technologies.