



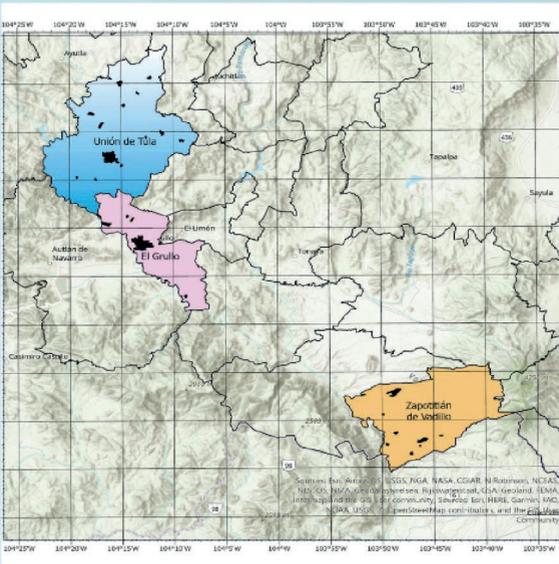
**CONAHCYT**

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

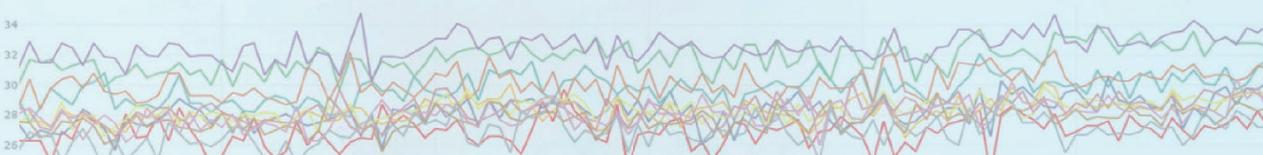
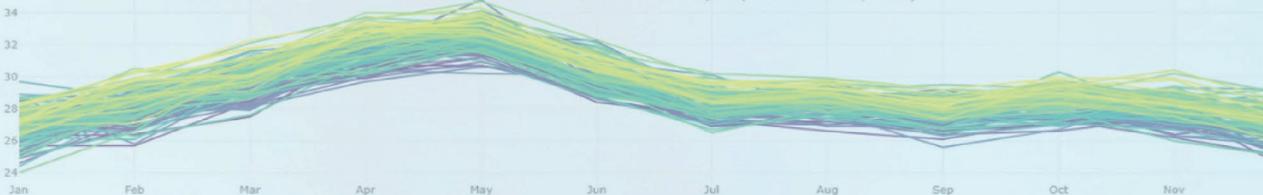


# Geografía socioeconómica e hídrica de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo, Jalisco

Ariel Vázquez Elorza / Oscar Aguilar Juárez



Variabilidad estacional mensual de serie de tiempo de la  
temperatura máxima en el Grullo, en promedio 1900/2020)





Geografía socioeconómica e hídrica  
de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y  
Zapotitlán de Vadillo, Jalisco.

---

Ariel Vázquez Elorza  
Oscar Aguilar Juárez

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA EN  
TECNOLOGÍA Y DISEÑO  
DEL ESTADO DE JALISCO, A.C.

***Geografía socioeconómica e hídrica de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo, Jalisco.***

Autores: Dr. Ariel Vázquez Elorza. Investigador del CIATEJ e integrante del PROTEAA.  
Dr. Oscar Aguilar Juárez. Director adjunto de Planeación Estratégica del CIATEJ y responsable de PROTEAA.

México: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2023

1ª. edición

xx p.: xx ilustraciones; 17 x 21.5 cm

ISBN 978-607-

T. 338 Ciencias sociales – Economía - Producción    KNA Agroindustria y sector primario

Primera edición, 2023  
ISBN: 978-607-8734-53-5

D.R. © 2023, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.

Av. Normalistas 800, Colinas de La Normal, 44270 Guadalajara, Jal.

Tel: (33) 33455200 ext. 1118

<http://www.ciatej.mx>

Responsable legal: Dra. Eugenia Lugo Cervantes

Responsable administrativo: C.P. Citlalli Haidé Alzaga Sánchez

Director Adjunto de Planeación Estratégica y responsable de PROTEAA

Dr. Oscar Aguilar Juárez

“Geografía socioeconómica e hídrica en los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo, Jalisco”, es una obra que se permite solo descargar y comprarla con otros siempre y cuando se den los créditos a la misma, pero no se permite cambiarla de forma alguna ni usarla comercialmente.

Está permitido descargar y compartir esta obra citando y acreditando correctamente a la misma, más no está permitido cambiarla de forma alguna ni usarla comercialmente.

Atribución-NoComercial-SinDerivadas: CC BY-NC-ND }

Código legal: <https://creavecommons.org>

Cuidado de la edición y diseño: Alfredo Gutiérrez / Acento Editores  
México

## **Presentación**

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ) es un Centro de Investigación adherido a la Coordinación de Medio Ambiente, Salud y Alimentación del Sistema de Centros Públicos de Investigación (CPI) del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) de México. En el CIATEJ, se encuentra el Comité Biocultural en Acceso Tecnológico Social y Solidario y el Comité Transdisciplinario de Incidencia Social e Impacto pertenecientes al Laboratorio en Prospección Tecnológica para el Desarrollo Innovador de los Alimentos y la Alimentación (PROTEAA). Éste se integra por un grupo multidisciplinario de investigadores dedicados a identificar y generar conocimiento para transformar y construir el desarrollo innovador de los alimentos y la alimentación en México.

Este trabajo surge como resultado del análisis prospectivo en regiones de Jalisco, realizado en el marco de las actividades de la alianza estratégica con el Consorcio de Investigación y Diálogo sobre Gobierno Local (CIDIGLO). Se espera que las aportaciones de este documento sean de gran utilidad para quienes realizan el ejercicio de hacedores de políticas públicas, diseño así como su implementación, esperamos que encuentren fundamentos de utilidad relacionados con la geografía hídrica y socioeconómica de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo, localizados en la Región Sur y Sierra de Amula, Jalisco, para mejorar las condiciones de la sociedad en su conjunto.



## **Agradecimientos**

Proyecto Fundación Gonzalo Río Arronte: Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para mejorar la gestión y gobernanza del agua en municipios de la Red de Alcaldesas de Jalisco



## Índice

11	Índice de figuras
15	Índice de cuadros
17	Para destacar
21	Prefacio
23	Prólogo
27	Introducción
33	Fuentes de información de la investigación
34	Metodología de investigación
36	Características económicas y sociales de las regiones. Ubicación
37	Analfabetismo y población
38	Condiciones de marginación
40	Curvas de concentración y renormalización de transferencias e ingresos laborales
42	Distribución del ingreso en localidades de las regiones en estudio
42	Coeficiente de Gini, Curva de Lorenz e Índice de Atkinson
50	Características de la distribución del nivel de educación
52	Características del ingreso entre la población rural urbana
68	Relaciones espaciales de las Regiones Sur y Sierra de Amula
81	Situación del agua en la región y sus efectos
82	Consideraciones ambientales: biodiversidad en las regiones en estudio
90	Relaciones del Índice de Aridez en las regiones
97	Principales variables agroclimáticas y relaciones con la producción agrícola en las regiones en estudio
97	a. El Grullo
106	b. Zapotitlán de Vadillo
114	c. Unión de Tula

- 122 Correlaciones entre las condiciones hídricas y socioeconómicas de las localidades en estudio
- 129 Lecciones aprendidas
- 133 Literatura citada

## Índice de figuras

- 29 *Figura 1: Relacionamientos humanos, biológicos y climáticos con el sector productivo.*
- 31 *Figura 2: Problemáticas del agua en la Región Sur y Sierra de Amula, Jalisco*
- 37 *Figura 3: Ubicación de los municipios de Unión de Tula, El Grullo y Zapotitlán de Vadillo y localizaciones de AGEB's*
- 38 *Figura 4: Relaciones de analfabetismo y población con al menos dos salarios mínimos en la Región Sierra de Amula*
- 39 *Figura 5: Porcentaje de población ocupada con ingresos de hasta dos salarios mínimos PO2SM según nivel de grado de marginación municipal en Jalisco*
- 41 *Figura 6: Curva de concentración de ingresos monetarios por transferencias y laborales en hogares de la región.*
- 48 *Figura 7: Curva de Lorenz de los ingresos corrientes (trimestral) de la población pobre y no pobre en las regiones en estudio.*
- 49 *Figura 8: Curva de Lorenz de los ingresos laborales de la población según carencia de dotación de agua de los hogares en las regiones en estudio.*
- 50 *Figura 9: Curva de Lorenz de los minutos en llegar al hospital de la población según carencia de dotación de agua de los hogares en las regiones en estudio.*
- 51 *Figura 10: Distribución de la educación de los jefes y jefas de hogar en las regiones.*
- 57 *Figura 11: Regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe y PEA en El Grullo*
- 58 *Figura 12: Regresión de pesos geográficos de población masculina de 12 años y más desocupada y PEA en El Grullo*
- 62 *Figura 13: Regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía*

- eléctrica, agua entubada, ni drenaje y PEA en Zapotitlán de Vadillo*
- 63 *Figura 14: Regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje y PEA en Zapotitlán de Vadillo*
- 67 *Figura 15: Regresión de pesos geográficos de viviendas que no disponen de drenaje y PEA en Unión de Tula*
- 68 *Figura 16: Regresión de pesos geográficos de población femenina de 15 años y más con primaria completa y PEA en Unión de Tula*
- 71 *Figura 17: Población total territorial en Unión de Tula, Jalisco*
- 72 *Figura 18: Características en AGEB's en Unión de Tula con Drenaje y nivel de PEA*
- 73 *Figura 19: Viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública en localidades de Unión de Tula, Jalisco*
- 74 *Figura 20: Población total territorial en El Grullo, Jalisco*
- 76 *Figura 21: Características en AGEB's en EL Grullo con drenaje y nivel de PEA*
- 77 *Figura 22: Viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública en localidades de El Grullo, Jalisco.*
- 78 *Figura 23: Población total territorial en Zapotitlán de Vadillo, Jalisco*
- 79 *Figura 24: Características en AGEB's en Zapotitlán de Vadillo con drenaje y nivel de PEA*
- 80 *Figura 25: Viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública en localidades de Zapotitlán de Vadillo, Jalisco*
- 81 *Figura 26: Problemáticas del agua en la Región Sur y Sierra de Amula, Jalisco*
- 83 *Figura 27: Registros de biodiversidad en los municipios de Jalisco*
- 86 *Figura 28: Registros de biodiversidad en Sierra de Amula*
- 89 *Figura 29: Registros de biodiversidad en el Sur*
- 92 *Figura 30: Cambio en el índice de aridez entre 1961 y 2018 en los territorios de las regiones Sur y Sierra de Amula, Jalisco*

- 94 *Figura 31: Cambio en el índice de aridez entre 1961 y 2018 en los territorios de las regiones Sur y Sierra de Amula, Jalisco*
- 95 *Figura 32: Cambio en el índice de aridez entre 1961 y 2018 en los territorios de las regiones Sur y Sierra de Amula, Jalisco*
- 98 *Figura 33: Cambio en el índice de aridez entre 1961 y 2018 en los territorios de las regiones Sur y Sierra de Amula, Jalisco*
- 99 *Figura 34: Variabilidad de la temperatura máxima en El Grullo 1900-2020*
- 100 *Figura 35: Variabilidad de la temperatura máxima mensual en El Grullo 1900-2020*
- 101 *Figura 36: Variabilidad de la temperatura máxima mensual en El Grullo 1900-2020*
- 102 *Figura 37: Variabilidad de la temperatura mínima en El Grullo 1900-2020*
- 103 *Figura 38: Variabilidad de la temperatura mínima mensual en El Grullo 1900-2020*
- 105 *Figura 39: Precio y valor de la producción de cultivos estratégicos en El Grullo 2003/2020*
- 106 *Figura 40: Variabilidad de la temperatura máxima en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020*
- 107 *Figura 41: Variabilidad de la temperatura máxima mensual en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020*
- 108 *Figura 42: Variabilidad de la temperatura mínima en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020*
- 109 *Figura 43: Variabilidad de la temperatura mínima mensual en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020.*
- 110 *Figura 44: Variabilidad de la precipitación (mm) en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020*
- 111 *Figura 45: Variabilidad de la precipitación (mm) en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020*

- 113 *Figura 46: Precio y valor de la producción de cultivos estratégicos en Zapotitlán de Vadillo 2003/2020*
- 114 *Figura 47: Variabilidad de la temperatura máxima en Unión de Tula 1900-2020*
- 115 *Figura 48: Variabilidad de la temperatura máxima mensual en Unión de Tula 1900-2020*
- 116 *Figura 49: Variabilidad de la temperatura mínima en Unión de Tula 1900-2020*
- 117 *Figura 50: Variabilidad de la temperatura mínima mensual en Unión de Tula 1900-2020*
- 118 *Figura 51: Variabilidad de la precipitación (mm) en Unión de Tula 1900-2020*
- 119 *Figura 52: Variabilidad de la precipitación (mm) en Unión de Tula 1900-2020*
- 121 *Figura 53: Precio y valor de la producción de cultivos estratégicos en Unión de Tula 2003/2020*
- 126 *Figura 54: Estratificación municipal según características productivas en el ACPI*
- 127 *Figura 55: Estratificación municipal según características carencia de agua, energía y drenaje en el CP2*

## Índice de cuadros

- 40 *Cuadro 1: Características socioeconómicas de Sierra de Amula y Sur.*
- 43 *Cuadro 2: Población encuestada de la ENIGH (2020) de Sierra de Amula y Sur*
- 45 *Cuadro 3: Descomposición de Gini en la población agropecuaria de la región*
- 51 *Cuadro 4: Nivel de educación según inseguridad alimentaria en la población total agropecuaria de la región.*
- 54 *Cuadro 5: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en El Grullo*
- 55 *Cuadro 6: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en El Grullo*
- 55 *Cuadro 7: Regresión ponderada geográficamente de la PEA con drenaje (agua) en El Grullo*
- 60 *Cuadro 8: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Zapotitlán de Vadillo*
- 60 *Cuadro 9: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Zapotitlán de Vadillo*
- 61 *Cuadro 10: Regresión ponderada geográficamente de la PEA con drenaje (agua) en Zapotitlán de Vadillo*
- 65 *Cuadro 11: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Unión de Tula*
- 65 *Cuadro 12: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Unión de Tula*
- 66 *Cuadro 13: Regresión ponderada geográficamente de la PEA con drenaje (agua) en Unión de Tula*
- 84 *Cuadro 14: Dominancia de uso de suelo y vegetación en la Región Sierra de Amula*
- 87 *Cuadro 15: Dominancia de uso de suelo y vegetación en la Región Sur*

- 92 *Cuadro 16: Intervalos del Índice de Martonne (1926) para clasificación climática*
- 96 *Cuadro 17: Intervalos del Índice de Martonne (1926) para clasificación climática*
- 104 *Cuadro 18: Índice de aridez 1961-2018 en los municipios de las regiones en estudio*
- 112 *Cuadro 19: Correlaciones parciales y semi parciales de rendimiento y clima con cultivos agrícolas en El Grullo*
- 120 *Cuadro 20: Correlaciones parciales y semi parciales de rendimiento y clima con cultivos de Zapotitlán de Vadillo*
- 123 *Cuadro 21: Correlaciones parciales y semi parciales de rendimiento y clima con cultivos de Unión de Tula*
- 124 *Cuadro 22: Correlaciones de variables hídricas y socioeconómicas en localidades de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo*
- 125 *Cuadro 23: Varianza total explicada de los componentes principales en localidades de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo*

## Para destacar

Es importante destacar que línea base en la cual se desarrolló esta investigación fue sobre el Proyecto de la Fundación Gonzalo Río Arronte: Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para mejorar la gestión y gobernanza del agua en municipios de la Red de Alcaldesas de Jalisco. El responsable técnico del proyecto es CIDIGLO, donde colaboró el Laboratorio en Prospección Tecnológica para el Desarrollo Innovador de los Alimentos y la Alimentación PROTEAA-CIATEJ. Cabe precisar que el ámbito de acción del proyecto contempló las regiones de Sierra de Amula y Sur de Jalisco incluyendo los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo. El proceso de abastecimiento de agua tiene una fuerte relación con las comunidades rurales en dos sentidos: actividades cotidianas relacionadas con servicios que son dotados por medio de este recurso y actividades productivas como la agricultura y la ganadería, que son más complejas de desarrollar en un marco de escasez. Esta investigación se compone de una introducción donde se mencionan las fuentes de información primarias y secundarias las cuales fueron consideradas como líneas para los análisis. Al mismo tiempo se dan a conocer las metodologías empleadas, las cuales robustecen el abordaje de los estudios sobre las características económicas y sociales de las regiones en estudio, así como de la situación del agua en la región y sus efectos en el sector primario.

El escenario de abastecimiento de agua tiene un carácter multifactorial e interactúa con los rasgos socioeconómicos propios de las comunidades:

- La dotación de agua es inequitativa. En la región existe aproximadamente 30% de hogares de un total de 157,920 jefes de hogares que carecen de dotación de agua.
- La carencia de agua está concentrada. El 72.15% de los hogares carentes de agua se encuentran ubicados en localidades rurales y el 27.85% en las urbanas.
- La carencia de agua se encuentra en mayor medida entre las localidades con población en condiciones de niveles reducidos de educación. El 32.2% de los hogares con carencia de dotación de

agua presentan primaria incompleta; 25.9% primaria completa; 3.8% secundaria incompleta y el 27.4% secundaria completa. Esta relación no necesariamente significa causalidad, sino que existen otros elementos económicos, sociales y culturales que pueden estar vinculadas.

- La carencia de agua coexiste con problemas alimentarios. El 56.0% de los hogares con carencia de dotación de agua se encuentra en condiciones de inseguridad alimentaria leve, moderada o severa.
- Los servicios de drenaje presentan una brecha de desigualdad. En general, y dependiendo del municipio, sólo 60% - 70% de los hogares cuenta con servicios de drenaje.
- La desigualdad en los servicios de drenaje está relacionada con el entorno laboral. Existe una relación entre mayores niveles porcentuales tanto de la población económicamente activa como de las viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública.
- Los tres municipios experimentaron cambios en la aridez. En el periodo de 1961-2018, Unión de Tula, El Grullo y Zapotitlán incrementaron su índice de aridez aunque su clasificación climática pasó de subhúmeda a húmeda.
- La temperatura máxima se ha incrementado en los últimos 120 años (1901-2020). Los tres municipios experimentaron un aumento en la temperatura máxima de entre 6.58% (1.86°C) y 8.18% (2.2°C). Las tasas de crecimiento media anual oscilan entre los 0.06% y los 0.08% respectivamente.
- Los incrementos de temperatura máxima ocurrieron en varios meses del año. Entre 1901 y 2020 El Grullo experimentó incrementos en la temperatura máxima todo el año, Zapotitlán en 9 de 12 meses y Tula en 11 de 12 meses.
- La temperatura mínima se ha incrementado en los últimos 120 años (1901-2020). Los tres municipios experimentaron un aumento en la temperatura mínima de entre 8.57% (1.07°C) y 8.85% (1.2°C). Las tasas de crecimiento media anual son de 0.07%.
- La precipitación ha experimentado variaciones en los últimos 120

años (1901-2020). Dos municipios experimentaron una disminución en las precipitaciones que oscila desde los 21.79 mm a los 41.4 mm.

- Los aumentos en la precipitación son poco relevantes en comparación con los aumentos en temperaturas. Un municipio incrementó durante ese periodo su precipitación en 15.4 mm, sin embargo, la tasa de crecimiento media anual de 0.02 es mínima si se compara con este indicador para las temperaturas máximas y mínimas.
- El desempeño histórico de los cultivos estratégicos de los municipios se correlaciona con las variaciones de las variables climáticas. Los tres municipios presentan correlaciones significativas entre rendimientos y al menos una de las siguientes variables: temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones.
- La tendencia de aumento de temperatura máxima ha limitado la producción de algunos cultivos en la región. Los incrementos en las temperaturas máxima se correlacionan de forma negativa con los rendimientos en producciones de El Grullo y de Zapotitlán (caso pastos). A pesar de ello, cultivos en Tula como el agave se han visto favorecidos y en Zapotitlán como la guayaba.
- La tendencia de aumento de temperatura mínima ha influido en el rendimiento de algunos cultivos estratégicos. Al observar una serie histórica de los cambios de temperatura en las regiones en estudio, se aprecian incrementos en las temperaturas mínimas las cuales se relacionan de forma positiva con rendimientos de diversos cultivos (elote, maíz grano, agave y caña de azúcar) en El Grullo, aunque, se relacionan de forma negativa con el agave en Tula.
- El tamaño de la población en las comunidades es un indicador eficaz para identificar carencia de servicios de drenaje. Las viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje se encuentran localizadas en los territorios con una población menor a 2,500 habitantes.
- El acceso a los servicios sociales permite identificar estratos prioritarios para que los hacedores de política pública cuenten con herramientas de decisión. De acuerdo con el acceso a servicios de

agua entubada, drenaje, servicios de salud, alfabetización y acceso a mercados laborales, la población de los municipios en estudio puede agruparse en aquellos con carencias por marginación, con analfabetismo y carentes por agua o drenaje.

## **Prefacio**

DRA. EUGENIA DEL CARMEN LUGO CERVANTES

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) es un Centro Público de Investigación del Consejo Nacional de las Humanidades, Ciencias y Tecnología que impulsa el desarrollo sostenible mediante la generación de conocimiento de vanguardia y la aplicación innovadora de la Ciencia y la Tecnología. El CIATEJ posee cinco áreas de investigación: Biotecnología vegetal, Tecnología alimentaria, Tecnología ambiental, Biotecnología médica y farmacéutica, y Biotecnología industrial. El Laboratorio de Prospección Tecnológica para el Desarrollo Innovador de los Alimentos y la Alimentación (PROTEAA), surge en 2015 para atender y explorar las realidades y problemáticas de la cadena productiva y proponer áreas de mejora y estrategias de intervención.

Este trabajo surge como resultado de las colaboraciones con la Alianza Estratégica con CIDIGLO, fundamentalmente, se realiza un análisis prospectivo en regiones de Jalisco en el marco del Proyecto de la Fundación Gonzalo Rio Arronte: Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para mejorar la gestión y gobernanza del agua en municipios de la Red de Alcaldesas de Jalisco.

Con esta obra se busca relacionar el recurso del agua con las características y problemáticas productivas y socioeconómicas que enfrenta la población en los territorios en estudio. Además, representan orientaciones muy importantes para identificar la prospectiva hacia la generación de soluciones a los efectos del cambio climático con la población y sector primario como son la agricultura y la ganadería, que son más complejas de desarrollar en un marco de escasez.

Con los resultados generados en la obra se justifica el abordaje hacia el desarrollo del sector con un compromiso social, productivo y tecnológico. Las investigaciones que vinculan diversos contextos sociales, económicos y ambientales con los territorios y espacios geográficos establecen una

línea base para generar información con valor social. Se espera que las aportaciones de este documento sean de gran utilidad para quienes realizan el ejercicio de hacedores de políticas públicas, diseño y su implementación y, encuentren fundamentos que sean de utilidad relacionados con la Geografía hídrica y socioeconómica de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo localizados en la Región Sur y Sierra de Amula, Jalisco, para mejorar las condiciones de la sociedad en su conjunto.

Con estas aportaciones el CIATEJ reafirma su compromiso social y científico para contribuir al crecimiento sostenido del sector agropecuario de México. Además, cumple su misión de impulsar el desarrollo sostenible de la sociedad, mediante la generación de conocimiento de vanguardia, formación de talento especializado y aplicación innovadora de la ciencia y tecnología.

## Prólogo

DR. GERARDO BERNACHE Pérez, CIESAS.

Este volumen es una obra importante para conocer el impacto de los cambios en los patrones climáticos sobre la producción agrícola y en el acceso que tienen los hogares al recurso hídrico. Este libro es un producto del trabajo sistemático de dos investigadores con gran experiencia en temas económicos, agrícolas, ambientales y en especial del agua. El Dr. Ariel Vázquez es egresado de la Universidad Autónoma de Chapingo, con una formación y una trayectoria que combina los estudios en economía agrícola y políticas públicas. Mientras que el Dr. Óscar Aguilar se formó en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia con un doctorado en Ingeniería de Procesos y del Ambiente, experto en temas de tecnología ambiental, sustentabilidad y bioenergía.

Los dos investigadores forman parte del proyecto Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para mejorar la gestión y gobernanza del agua en municipios de la Red de Alcaldesas de Jalisco que patrocina la Fundación Gonzalo Rio Arronte y en la que contribuyen investigadores del CIESAS y el CIATEJ. Este proyecto se enfoca en el fortalecimiento de capacidades de funcionarios de los gobiernos municipales de Unión de Tula, El Grullo y Zapotitlán de Vadillo, así como en robustecer la cultura del cuidado del agua entre la ciudadanía, en particular entre la población joven. La adecuada gestión del recurso hídrico es una prioridad, sin duda, más cuando se prevé, como lo muestra la investigación que aquí presentamos, que las condiciones para acceder al agua limpia de buena calidad en la región serán más complicadas en el futuro cercano. Este volumen contribuye a fortalecer el trabajo del equipo de investigadores dedicados al proyecto y brinda un análisis de la problemática de agua actual y los retos que vienen en el futuro cercano para toda la región Sur y Sierra de Amula.

El proyecto referido ha identificado diversas problemáticas locales que tienen que ver con la distribución de agua potable y los retos que enfrenta,

desde los costos de la infraestructura y el bombeo del agua, hasta la falta de padrones actualizados de usuarios y conexiones a la red, reglamentos de agua desactualizados o inexistentes, carencia de micro medición y cobro por consumo (lo que lleva al desperdicio del líquido en contextos urbanos). La cultura del agua, de reconocer su vital importancia en la vida, va en camino a fortalecerse, pero aún queda mucho por hacer. También se ha evidenciado una creciente competencia entre las necesidades de producción agrícola, en particular la agricultura de exportación como el aguacate, y las necesidades básicas humanas. La importancia de priorizar el consumo humano no siempre se respeta, en los casos más extremos dejando sin agua a localidades o sectores de la población para desviarla para riego agrícola. Los conflictos por el agua tenderán a incrementar si no se toman medidas y se construyen acuerdos entre autoridades municipales, estatales, y diversos tipos de productores agropecuarios.

El estudio se enfoca a tres municipios del sur del estado de Jalisco, mismos que se ubican dentro de la cuenca del río Ayuquila - Armería. Una zona que en el pasado gozaba de buenas dotaciones de agua cuya demanda era moderada. A medida que crece la demanda del recurso hídrico y que las fuentes de agua sufren de contaminación, el estrés hídrico en la región empieza a manifestarse. La demanda de agua que proviene de actividades económicas como la agricultura, y la demanda de agua potable para el consumo humano en contextos urbanos y rurales.

La calidad del agua disponible en cauces y embalses de la región es mala, tal como lo publica la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Cuenca Baja de Río Ayuquila (mejor conocida por su nombre corto, Junta Intermunicipal del Río Ayuquila o JIRA) en su página web.<sup>1</sup> Ahí refiere que el Río Ayuquila – Armería:

desde su nacimiento en las partes altas de la cuenca hasta su desembocadura en el mar, recibe descargas de aguas residuales domésticas e industriales, así como agua de lluvia contaminada por agroquímicos y sólidos provenientes de diferentes zonas agrícolas y pecuarias de la cuenca. Las actividades anteriormente mencionadas modifican la calidad del agua

---

<sup>1</sup> <https://www.jira.org.mx/monitoreoagua.php>

dejándola inaccesible para diversos usos y convirtiéndola en una fuente potencial de afectación a la salud humana (JIRA 2023).

La demanda de agua para la producción agrícola ha crecido de forma significativa, además de la agricultura tradicional ahora se suman grandes empresas dedicadas a agricultura en invernaderos de productos para exportación, así como las huertas de aguacate. También crece la superficie de laderas dedicadas al cultivo de agave.

El libro se divide en dos grandes secciones. La primera enfocada a presentar la caracterización económica y social de los municipios estudiados. La segunda sección trata la situación del agua en la región, apuntando a los indicadores agroclimáticos y su impacto en la producción agrícola a nivel local y regional.

La primera sección nos presenta de forma sistemática y detallada las cifras que caracterizan a la población económicamente activa y la distribución de ingresos, así como la escolaridad y analfabetismo, las condiciones de marginación y pobreza en los tres municipios bajo estudio. Un riguroso análisis desde la economía y la geografía socioeconómica que presenta datos y cifras relevantes que permiten caracterizar a la población de cada municipio y a comparar los tres municipios.

La segunda sección se enfoca más al estudio de la disponibilidad y acceso al recurso hídrico a partir de las condiciones climáticas, también se aborda cómo ha aumentado la aridez y su relación con la biodiversidad regional. En esta parte se correlaciona las condiciones hídricas y cómo inciden en la producción agropecuaria, así como sus efectos en las condiciones socioeconómicas de la población local. Los autores concluyen que el cambio climático tiene un impacto en la producción agrícola (sector primario), tal impacto repercute necesariamente en los productores, la población económicamente activa que se dedica a la agricultura.

La segunda sección del libro tiene el gran aporte de un análisis de variables que afectan la disponibilidad del recurso hídrico, el estudio cubre un periodo de tiempo de 120 años, lo cual permite presentar una perspectiva longitudinal de las variaciones que ha sufrido el clima, la precipitación, la aridez y temperaturas medias.

A nivel de los asentamientos humanos, tanto en zonas urbanas como en rurales, se presentan problemas en los sistemas de dotación de agua potable y en el tratamiento que reciben las aguas residuales. Los autores identifican los siguientes puntos críticos en el rubro de agua y alcantarillado: Altos niveles de costos de transacción por fugas, encarecimiento de los niveles de abastecimiento del agua, existencia de tomas de agua fuera de la ley, reducidos niveles de infraestructura y capacidades para hacer más eficiente el uso del agua en los pobladores, falta de cultura sobre la valorización del costo por la extracción y movilidad del recurso hídrico entre las poblaciones rurales y rurales (urbanas), reducidos niveles de planeación estratégica y de recursos presupuestarios para el sector, así como reducida infraestructura para la reutilización de aguas residuales (Vázquez y Aguilar 2023:17-18).

La importancia de este texto radica en su exposición de las condiciones críticas y los riesgos relacionados con la producción agrícola derivada de problemas de calidad y cantidad de agua disponible en una región. Para situar esta problemática en perspectiva, estos tres estudios de caso nos muestran las condiciones que, en menor o mayor medida, tienen unos 20 municipios de las regiones Sur y Sierra de Amula en Jalisco. Aunque, de alguna manera el estudio también apunta a los riesgos a que nos enfrentaremos en otras regiones de Jalisco y en otros estados de la república con ecosistemas y condiciones geográficas similares.

Los lectores encontrarán datos valiosos y análisis riguroso de los tres municipios y de la región de la Cuenca del Río Ayuquila – Armería. El texto es escrito con un enfoque académico desde la economía y en particular desde la geografía socioeconómica, desde esta perspectiva se realiza una investigación sobre el agua, sus variaciones, su importancia para la producción agrícola y los retos que enfrentan las poblaciones frente a un recurso sometido a diversas presiones de origen socioeconómico que a su vez inciden sobre la disponibilidad y acceso al agua en la región.

## Introducción

En la actualidad han cobrado relevancia los estudios sociales analizados geográficamente y vinculados con la economía regional, urbana y rural con el propósito de relacionar distintos fenómenos, tales como, situación social, económica, ambiental y cultural entre los territorios según se trate. El objetivo del presente trabajo fue analizar geográficamente las características socioeconómicas e hídricas de la población de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo en Jalisco ubicados en las regiones Sierra de Amula y Sur. Para fortalecer la investigación se realizaron diversos análisis cualitativos y cuantitativos para contextualizar la relación entre el abastecimiento de agua y las tendencias subyacentes de procesos agroclimáticos.

Para comprender las condiciones actuales e importancia del abastecimiento del agua en el contexto de interés, un primer paso nos sitúa en los antecedentes del problema a nivel regional. Para ello, a) se retoman estudios previos realizados en las regiones que den cuenta del carácter multifactorial del problema; b) se clarifica si la situación puede ser reducida a un hecho aislado que ocurre en ciertas localidades o si se trata más bien de un hecho generalizado a través de rasgos en común de las localidades; c), se contextualizan las regiones a partir de sus condiciones ecológicas, principalmente de su biodiversidad; y d) se caracterizan las regiones a partir de diversos indicadores y variables de índole social y económica a fin de tener un panorama general de las condiciones de la población.

Desde 1972 en la declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, se estableció la importancia de preservar en beneficio de las generaciones presentes y futuras los recursos naturales incluyendo al agua, además, el uso de la ciencia y tecnología para descubrir, evitar y combatir los riesgos que amenazan al medio (ONU, 1972, p. 5-8). En la recomendación cuatro de esta declaración se estableció la adopción de acciones de política pública nacionales, entre ellos “sistemas de abastecimiento de agua, alcantarillado y eliminación de desechos, adaptados a las condiciones locales, especialmente en las regiones semi tropicales y

en las zonas árticas y subárticas [...]” (ONU, 1972, p. 8). Por otro lado, de acuerdo con los objetivos de la ONU, destacan el número 6 (agua limpia y saneamiento), el 7 (energía asequible y no contaminante), el 15 (vida de ecosistemas terrestres). Éstos son especialmente relevantes si se considera que el agua es esencial para el desarrollo de las naciones y de la sociedad en su conjunto pues se incluyen no sólo las actividades cotidianas en los pueblos rurales y urbanos, sino también el desarrollo del sector agropecuario el cual requiere importantes cantidades de este recurso para el crecimiento y la productividad agroalimentaria (Richardson et al., 2022).

Entre las relaciones más importantes entre el desarrollo de regiones y comunidades (rurales o urbanas) y el abastecimiento de agua radica esencialmente en la importancia que tiene este recurso en las actividades productivas. Si bien, la economía de las localidades rurales se caracteriza por la diversificación de actividades productivas y fuentes de ingresos que van desde la producción agropecuaria y forestal, provisión de servicios comerciales, el trabajo asalariado agrícola o no agrícola y la migración, los resultados de la CONEVAL (2015), demostraron que casi todas las comunidades rurales que encuestaron tienen actividades agrícolas y ganaderas: En 94 por ciento de ellas se practica la siembra de maíz principalmente para autoconsumo y en 98 por ciento para la cría de animales como aves, borregos, cabras y cerdos.

En ese sentido, se reconoce la importancia de las actividades agropecuarias, pero ¿cuál es la relación entre el abastecimiento de agua y la agricultura? De acuerdo con INEGI (2019), el porcentaje de unidades de producción agrícola o pecuaria en Jalisco que señalaron como las causas de sus pérdidas fueron los factores climáticos o biológicos, así como incendios naturales. Consideraron a las sequías la principal causa de pérdidas, lo que da cuenta de la importancia del agua para estas actividades productivas.

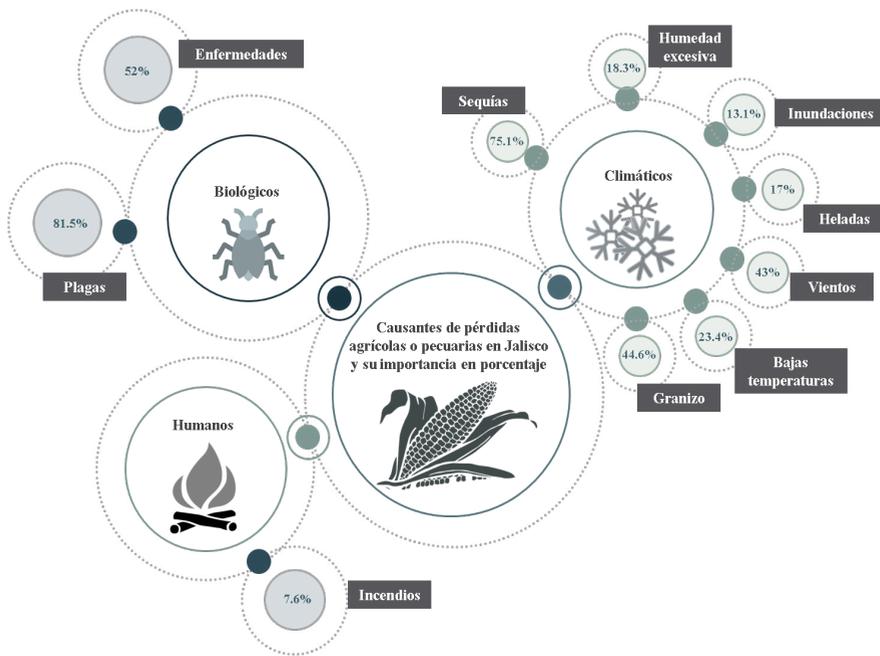


Figura 1: Relacionamientos humanos, biológicos y climáticos con el sector productivo.

Fuente: Elaboración propia basado en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2019).

Aunado a lo anterior, el agua se vuelve importante para las comunidades en el medio rural aunque no se considere la producción agropecuaria. Además de las sequías, eventos por exceso de agua, heladas o huracanes, la CONEVAL (2015), señala que hasta 20.7% de las localidades encuestadas señaló contaminación del agua como un evento natural imprevisto con efecto negativo. Los datos anteriores revelan que el desabasto de agua está interactuando con la vida de las comunidades en un doble sentido, productivo y cotidiano.

De acuerdo con International Panel on Climate Change (IPCC, 2013) citado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015, p. 9), el cambio climático ha repercutido enormemente en “aumento de la

temperatura media global, cambios de los patrones de precipitación, alza del nivel del mar, reducción de la criósfera y cambios en los patrones de los fenómenos climáticos extremos”.

Esta realidad impacta sobremanera en cambios sobre las variables agro-climatológicas con una relación muy directa de las producciones agropecuarias en general. Asimismo, la demanda de la población es creciente y obliga a las instituciones públicas y privadas a hacer más eficientes y eficaces con respecto al uso y abastecimiento de agua con calidad para satisfacer a la población en su conjunto.

El estado de Jalisco y sus territorios no son ajenos a esta situación. Esta entidad se encuentra localizada en el occidente de la República Mexicana. La entidad cuenta con 341.93 kilómetros de litoral con el Océano Pacífico y se encuentra rodeada por diversas entidades federativas que son: Aguascalientes, Colima, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas. Según registros del Instituto de Información Estadística y Geografía del Estado de Jalisco (IIEG), en 2020 existían en la entidad 8,348,151 habitantes, distribuidos en 4,249,696 en mujeres y 4,098,455 hombres.

La entidad está conformada por 12 regiones distribuidas de la siguiente manera: Altos Norte que circunscribe a 8 municipios que representan el 6% del total (125) de la entidad: Altos Sur (12; 10%), Centro (12; 10%), Ciénega (9; 7%), Costa Sur (6; 5%), Costa-Sierra Occidental (8; 6%), Lagunas (12; 10%), Norte (10; 8%), Sierra de Amula (14; 10%), Sur (12; 10%), Sureste (10; 8%), Valles (12; 10%).

De acuerdo con el Censo de Población del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), del total de la población en Jalisco los Altos Norte concentra el 5%, Altos Sur 5%, Centro 63%, Ciénega, 5%, Costa Sur 2%, Costa-Sierra Occidental 4%, Lagunas 3%, Norte 1%, Sierra de Amula 2%, Sur 4%, Sureste 2% y Valles 4%.

Los municipios El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo, que pertenecen a las regiones de interés, presentan una problemática muy significativa tanto en los sistemas de agua y alcantarillado como también, en el recurso necesario de los sistemas de producción agropecuarios. En el primer caso, en los sistemas de agua y alcantarillado se identifican las

siguientes problemáticas: altos niveles de costos de transacción por fugas, encarecimiento de los niveles de abastecimiento del agua, existencia de tomas de agua fuera de la ley, reducidos niveles de infraestructura y capacidades para hacer más eficiente el uso del agua por parte de los pobladores, falta de cultura sobre la valorización del costo por la extracción y movilidad del recurso hídrico entre las poblaciones rurales y rurales-urbanas, reducidos niveles de planeación estratégica y recursos presupuestarios para el sector, reducida infraestructura para la reutilización de aguas residuales, entre otros (figura 2).

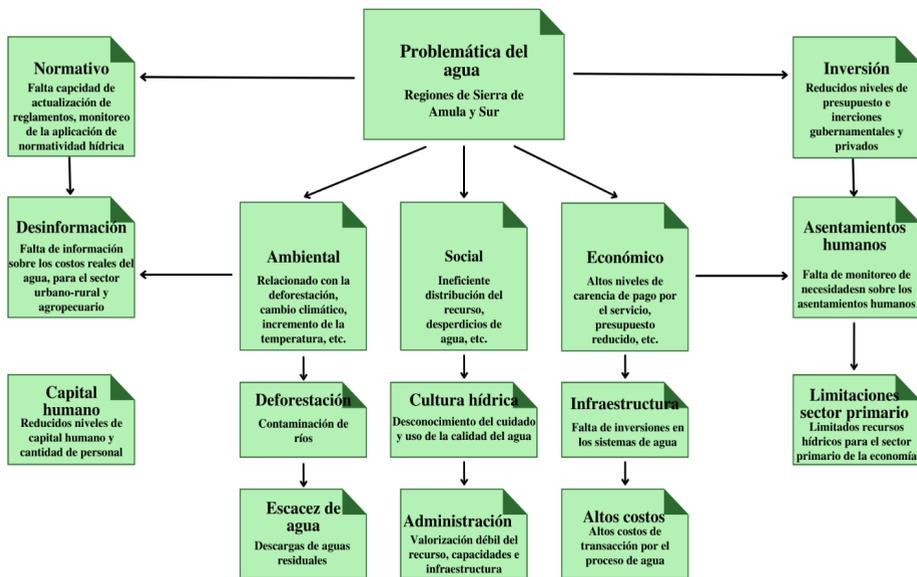


Figura 2: Problemáticas del agua en la Región Sur y Sierra de Amula, Jalisco  
Fuente: Elaboración propia basada en Olguín-López *et al.* (2022); Ruiz *et al.* (2010); Ruiz & Gerritsen (2010).

La región Sierra de Amula cuenta con una superficie de 5,842 km<sup>2</sup> alcanzando el séptimo lugar en la entidad por la superficie. En el Plan Regional de Desarrollo 2013-2033 del Gobierno de Jalisco (2015, p. 18) se hace énfasis en que “nueve de los 14 municipios que la componen se

presenta con mayor proporción la problemática de la deforestación que varía entre el 9.54% y el 19.14% del territorio con cobertura forestal [...]” no obstante, existen otros ocho municipios que superan desde el 15% y 34.49%. Por otra parte, también se evidencia que “las descargas de aguas residuales sin tratamiento es la principal causa de la contaminación de las aguas superficiales en la región. Ocho de los 14 municipios que conforman la región no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales” (Gobierno de Jalisco, 2015, p. 96).

Por otra parte, en la región se encuentran parcialmente tres áreas naturales protegidas: Área de Protección de los Recursos Naturales Cuenca Alimentadora del Distrito de Riego 043, Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán y Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila. Estas áreas ocupan una superficie de 647.55 km<sup>2</sup> representando el 11% de la superficie total de la región (Gobierno de Jalisco, 2018, p. 15). Además, el estudio señala que, “La Región Sierra de Amula se ubica sobre 6 acuíferos diferentes, de los cuales dos presentan condiciones de sobreexplotación, y los 4 restantes presentan muy baja disponibilidad media anual” (Gobierno de Jalisco, 2018, p. 21).

La región Sur cuenta con una superficie de 8,421 km<sup>2</sup> alcanzando el quinto lugar en la entidad por la superficie. En el Plan Regional de Desarrollo 2030 del Gobierno de Jalisco (2011, p. 107) se hace énfasis en que “se detecta pérdida del recurso suelo producto de la erosión hídrica que se debe a la falta de cobertura vegetal consecuencia de las actividades de cambio de uso de suelo, deforestación y/o incendios forestales [...]” no obstante, también existen incentivos para establecer actividades industriales y comerciales de productos madereros dado los recursos forestales existentes hasta ahora. Entre otras problemáticas de la región se encuentran la contaminación por emisión de partículas y humo de quemas agrícolas, cenizas por la actividad volcánica y tolvaneras.

Por otra parte, en la región se encuentran parcialmente dos Áreas Naturales Protegidas: “Parque Nacional Volcán Nevado de Colima y Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán. Estas áreas ocupan una superficie de 402.82 km<sup>2</sup> , lo que equivale al 4.8% de la superficie total de la región”

(Gobierno de Jalisco, 2019, p. 15). De los 7 acuíferos existentes en la región, cuatro presentan condiciones de sobreexplotación, y el restante una baja disponibilidad (Gobierno de Jalisco, 2019, p.21 ).

### **Fuentes de información de la investigación**

En esta obra se realizan análisis con información cualitativa y cuantitativa de fuentes primarias y secundarias obtenidas en trabajos de campo con el propósito de identificar y explicar de forma transversal y multifactorial diversos fenómenos relacionados con las características socioeconómicas, problemática del agua y relaciones de las variables agro climatológicas en un contexto geográfico en las regiones Sierra de Amula y Sur, haciendo énfasis en los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo. Para ello fue necesario generar algoritmos en *software* especializados, tales como, Stata®, R®, ArcGis®, Statistical Package for the Social Sciences SPSS®, Statgraphics®, fundamentalmente.

En particular, este documento se apoyó en el uso de los tres primeros *software* antes mencionados dado que la información variable fue tratada mediante análisis social, económico e hídrico-geográfico para su mejor tratamiento. Las aplicaciones cualitativas y cuantitativas para el análisis de las desigualdades socioeconómicas y evaluación de impacto se sustentan en la estadística descriptiva, análisis estratificación e índice de Gini, regresiones de pesos geográficos para el caso de los estudios de la población económicamente activa, generación de segmentaciones mediante los sistemas de información geográfica. Para la generación de un índice de aridez en las regiones fue necesario obtener información satelital generada en WorldClim; además, se realizó el análisis de componentes principales para estratificar localidades según las características socioeconómicas de los municipios. Lo anterior se consideró pertinente para establecer los diversos modelos estadísticos, análisis y econometría geoespacial que involucran gran variedad de información primaria y secundaria sobre temáticas principalmente sociales, económicas, ambientales y agroclimáticas.

Para validar información secundaria fue necesario recurrir a un conjunto de bases de datos oficiales de información relacionadas con la desigualdad y pobreza en México, de ellas las principales se encuentran en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Secretaría del Bienestar (SB), Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), Consejo Nacional de Población (CONAPO) y Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

### **Metodología de investigación**

Bassols (1990, pág. 261) señala que “La Geografía Socioeconómica estudia todo esto en su desarrollo histórico y en diversas formaciones socioeconómicas”, además, agrega que el estudio abarcaría otros factores, tales como, medio natural y sociopolítico. Por su parte Druzhinin *et al.* (2015, pág. 81) hace hincapié en los logros de la utilización de la geografía tal como la “implementación de la búsqueda productiva en el campo de la teoría y la práctica de la regionalización socio-económica” cuya “utilización cada vez más activa de las tecnologías análisis de SIG y del análisis sociológico”.

Más allá de enumerar variables tangibles (cuantitativas) o intangibles (cualitativas) sobre las características y condiciones sociales, económicas, hídricas o ambientales en las regiones en estudio, es importante reconocer que detrás de ello, existen familias e integrantes del hogar que cotidianamente luchan por mejorar sus condiciones de vida y bienestar. El o los indicadores buscan representar una realidad transversal en las regiones Sierra de Amula y Sur. Existen innumerables autores y metodologías que tratan de estudiar los problemas sociales vinculados con la desigualdad, marginación, pobreza y evaluación de impacto de los programas dirigidos al sector agropecuario. No obstante, esta obra sustenta su análisis mayormente en técnicas cuantitativas, aunque su validación se realizó en trabajo de campo.

La marginación y pobreza en los municipios en estudio está presente mayormente en las zonas rurales, sin embargo, existen localidades en las

zonas urbanas con presencia de ello. Se agrava inclusive cuando la población aumenta, pero, sobre todo, las dimensiones y contexto cambia cuando se visualiza el fenómeno desde un enfoque de análisis geoespacial.

Esta realidad, sin duda, está vinculada con el cambio climático y sus efectos, desarrollados en las últimas décadas con gran impacto sobre el sector primario y subramas económicas, y en consecuencia a la población dedicada a estas actividades, no únicamente en Jalisco sino a nivel global. Por otra parte, se evidencia que la utilización de *software* y herramientas tecnológicas ayudan a incrementar la validez de los inter relacionamientos con diversas fuentes de información cualitativa y cuantitativa a nivel regional. Los niveles de seguridad alimentaria de las regiones en estudio dependen de múltiples factores, carencias sociales, acceso a los alimentos, cambio climático, entre otros; de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) se consideran 15 variables importantes para aproximarse a una medición por individuo y familia.

Este trabajo de investigación se conforma de dos secciones cuyos elementos buscan orientar el objetivo de nuestra investigación. En la primera sección se contextualizan las características económicas y sociales de las regiones de Sierra de Amula y Sur, se evidencian las condiciones de marginación que tienen las diferentes localidades en los municipios circunvecinos. Con el propósito de contextualizar la concentración de las transferencias e ingresos laborales se desarrollan estudios que contrastan la concentración que tienen los hogares según sus características; se analiza la distribución del ingreso y, con la finalidad de identificar las concentraciones que tienen los pobres y no pobres, se genera el coeficiente de Gini. Sin duda la educación representa un factor fundamental para la distribución de los ingresos por lo que se analizan las características tanto en la población rural como urbana. Asimismo, se genera un estudio de relaciones espaciales entre las regiones para identificar las principales características de su población económicamente activa.

En la segunda sección se aborda la situación que prevalece con el factor del agua en las regiones, al mismo tiempo se establecen las consideraciones ambientales de la biodiversidad actuales así como las relaciones del índice de aridez. A partir de información satelital fue posible identificar cuáles han sido las diferentes variaciones en el clima durante los últimos 120 años, principalmente en los municipios de El Grullo, Zapotitlán de Vadillo y Unión de Tula, con lo anterior fue posible correlacionar las condiciones hídricas y socioeconómicas en las localidades de estudio así como con aquellos principales productos agropecuarios más importantes en cada una de las localidades.

## **CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LAS REGIONES**

### **Ubicación de los municipios de las regiones de interés**

Este apartado se centra en analizar la geografía socioeconómica e hídrica en tres municipios del estado de Jalisco: Unión de Tula y el Grullo localizados en la Región Sierra de Amula, y Zapotitlán de Vadillo ubicado en la Región Sur de la entidad (figura 3).

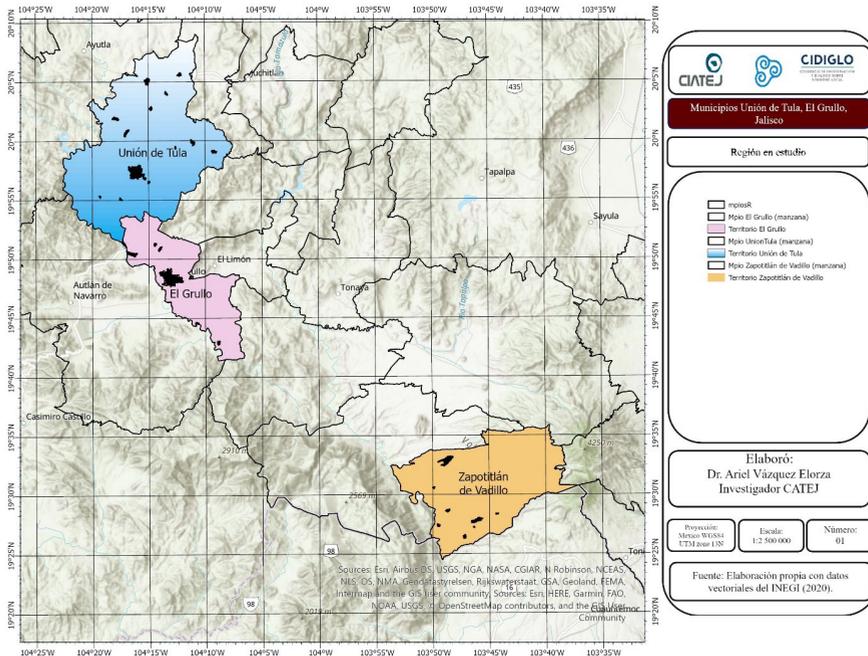


Figura 3: Ubicación de los municipios de Unión de Tula, El Grullo y Zapotitlán de Vadillo y localizaciones de AGEB's.  
Fuente: Elaboración propia con datos del IIEG (2021).

## Analfabetismo y población

La población ocupada de hasta dos salarios mínimos en la Región Sierra de Amula representa un importante reto, dado que se requiere incrementar los niveles para mejorar el bienestar de las familias que habitan en esas localidades (figura 4). “La teoría económica se ocupa principalmente de las relaciones entre variables. [...] De hecho, todo el cuerpo de la teoría económica puede considerarse como una colección de relaciones de relaciones entre variables.” (Kmenta, 1971, p. 203).

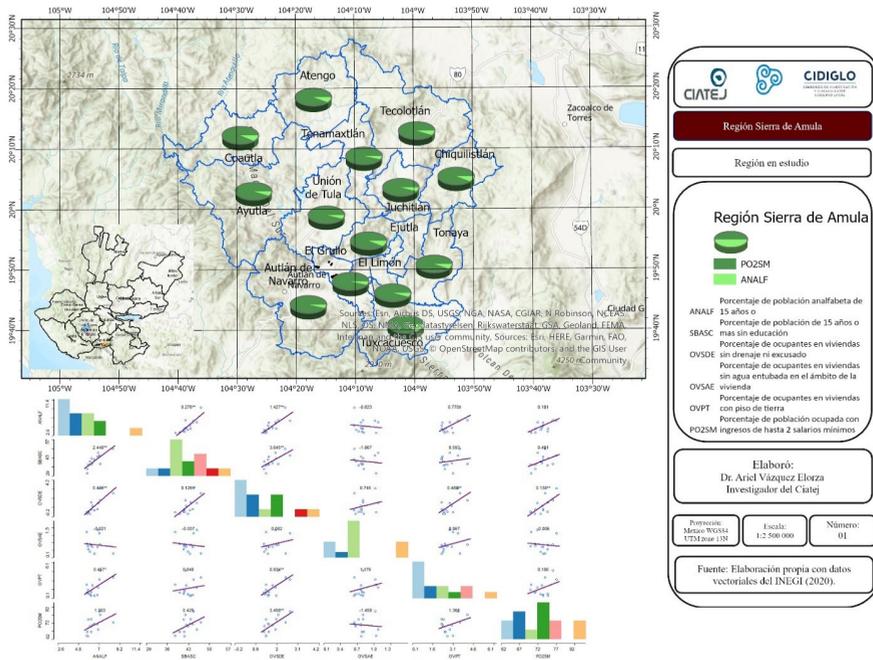


Figura 4: Relaciones de analfabetismo y población con al menos 2 salarios mínimos en la Región Sierra de Amula.  
Fuente: Elaboración propia con datos del IIEG (2021).

## Condiciones de marginación

En 1993 se publicó en México el Índice de Marginación (IMG) con el propósito de evaluar las condiciones sociales y económicas de los territorios. Hasta la fecha, se ha continuado con la medición de las relaciones socioeconómicas, incluyendo el rezago social, pobreza y marginalidad. En la figura 5 se puede apreciar la distribución porcentual de la población ocupada con ingresos de hasta dos salarios mínimos (PO2SM) según el nivel de grado de marginación (GM) municipal en Jalisco 2020 sobre la base de información del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2020).

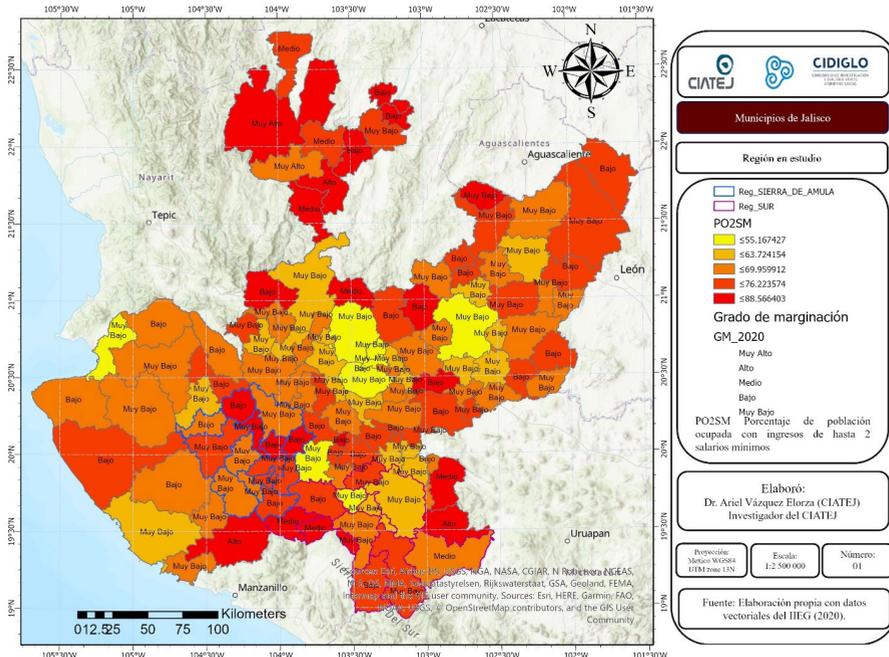


Figura 5: Porcentaje de población ocupada con ingresos de hasta dos salarios mínimos según nivel de Grado de marginación municipal en Jalisco

Fuente: Elaboración propia con datos del (IIEG, 2021).

El Índice Municipal de Marginación (IMG) en la entidad presenta una distribución de municipios de la siguiente manera: con IMG muy baja suman 78 municipios, IMG baja 34, IMG media 8, IMG alto 3 e IMG muy alto 2. No obstante, a pesar de que la entidad cuenta con 120 municipios etiquetados con IMG muy baja, baja y media, es preciso destacar que la información agregada construida a partir de diversas variables, generalmente disimula importantes y particulares problemáticas que enfrentan las localidades. Para validar esta afirmación basta evidenciar que la mayoría de los municipios presentan, en promedio, un 69% con población ocupada con

ingresos de hasta dos salarios mínimos, esta realidad en ocasiones contrasta con los índices agregados que generalmente ocultan información relevante microeconómica de la realidad interna entre los territorios.

Se pone en evidencia la problemática que enfrenta la población en las regiones en materia laboral, pero, sobre todo, la fragilidad que tiene la población en materia de ingresos para su bienestar. Por ejemplo, aquellos municipios que cuentan con un IMG muy alto presentan en promedio un 72% con PO2SM, IMG alto 79%, IMG medio 77%, IMG bajo 74% e IMG muy bajo 65% (datos propios generados a partir del Censo 2020). La educación es un factor muy relevante en las regiones en estudio debido a que el 42.57% se encuentra en condiciones de 15 años o más sin educación básica y 43.62% de la población en la región Sur (ver cuadro 1).

Cuadro 1: Características socioeconómicas de Sierra de Amula y Sur.

Variable socioeconómica	Sierra de Amula	Sur	Total, promedio
Población analfabeta de 15 años o más (%)	5.44	6.51	5.94
Población de 15 años o más sin educación básica (%)	42.57	43.62	43.06
Ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado (%)	1.32	1.32	1.32
Viviendas con hacinamiento (%)	15.81	18.18	16.91
Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica (%)	0.51	1.15	0.81
Ocupantes en viviendas con piso de tierra (%)	2.14	4.88	3.41
Ocupantes en viviendas sin agua entubada en el ámbito de la vivienda (%)	0.73	1.06	0.88
Población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos (%)	72.46	70.03	71.34
Población total	179,509	322,072	501,581

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020).

## Curvas de concentración y renormalización de transferencias e ingresos laborales

En la mayoría de las localidades rurales de las regiones en estudio, los trabajos que se encuentran son establecidos mediante contratos no formales o salarios remunerados bajos, considerando los bajos niveles educativos de la población antes señalados (comunicación personal con productores del

campo en la región); no obstante, ingresan recursos importantes a los hogares a través de transferencias gubernamentales y del exterior principalmente. Para sustentar lo anterior, se generaron las curvas de concentración que ilustran la distribución de los ingresos monetarios (trimestrales) por transferencias, rentas y programas de apoyo a adultos mayores clasificando a los ingresos laborales de los jefes y jefas de hogar.

Como es de esperar, los ingresos por transferencias de ingresos se encuentran por encima de la línea de distribución equitativa. Esto quiere decir, que las transferencias benefician a los hogares de bajos ingresos. Por ejemplo, el 50% inferior de los hogares en la distribución de ingresos recibe alrededor del 62.03% de todas las transferencias; 82.26% correspondiente a las rentas y el 73.17% referente al programa de adultos mayores.

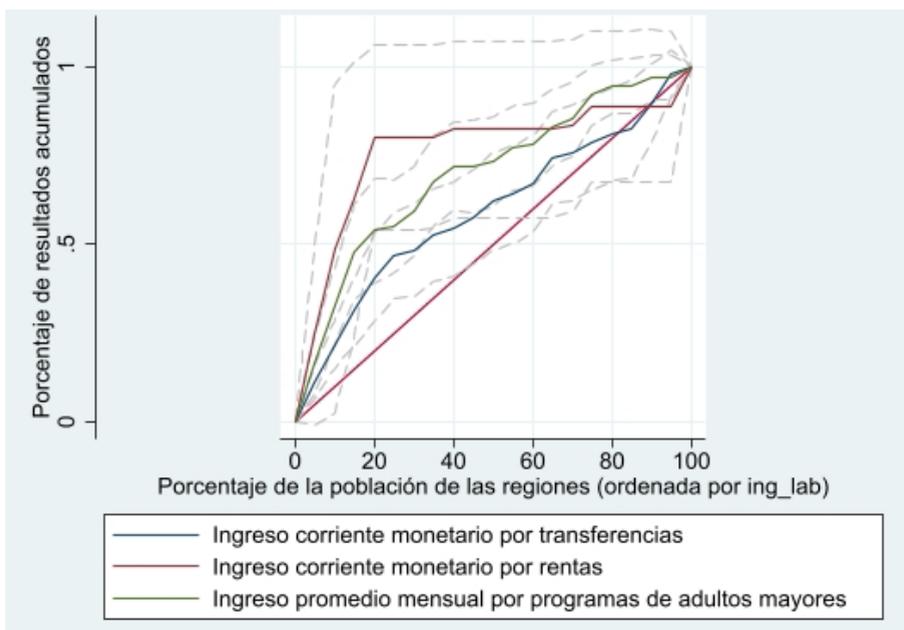


Figura 6: Curva de concentración de ingresos monetarios por transferencias y laborales en hogares de la región.

Fuente: Elaboración propia con datos generados en la ENIGH-INEGI (2020).

De los tres tipos de ingresos de la figura 6, se percibe que existe una mala distribución de las transferencias por rentas entre la población en las regiones. Hay que destacar que la mayoría de ellos habitan en los territorios urbanos. Sin duda representa un gran reto para los campesinos fomentar y atraer inversiones para la generación de mejores empleos formales en sus localidades.

### **Distribución del ingreso en localidades de las regiones en estudio**

En capítulos anteriores anticipamos, tras retomar análisis de la problemática del abastecimiento de agua en las regiones, qué aspectos sociales y económicos están relacionados con la carencia de agua. Enfatizamos qué aspectos relativos al ingreso y a la distribución de éste, pueden ser determinantes en la distribución igualitaria o desigual de los recursos hídricos. En el marco del entorno social y económico, analizamos de forma aislada, las condiciones de marginación y la concentración y renormalización de transferencias e ingresos laborales.

En el presente capítulo, correlacionamos factores socioeconómicos con la carencia de agua en la Sierra de Amula y Sur. Para ello, construimos y empleamos indicadores como el Coeficiente de Gini, la Curva de Lorenz e Índice de Atkinson. Además, exploramos la relación de la carencia de agua con las características de la distribución de la educación, y la seguridad alimentaria. Los métodos empleados y los resultados encontrados se detallan a lo largo de los siguientes apartados.

### **Coeficiente de Gini, Curva de Lorenz e Índice de Atkinson**

Para la construcción del Coeficiente de Gini se recurrió a la ENIGH-INEGI (2020) cuya encuesta representa una aportación estadísticamente significativa sobre las condiciones socioeconómicas de jefes de hogar (hombres y mujeres en el estado de Jalisco). Se estratificó la información, de tal manera, que se segmentaron aquellos municipios ubicados en cualquiera de las dos regiones en estudio. Se generó una aproximación sobre las

principales características económicas, sociales, y situación del agua que presentaron los hogares en las regiones.

En el cuadro 2 se presentan los hallazgos obtenidos de los municipios con información sobre estas características. Es importante destacar que, cuando se utiliza el factor de expansión en la información se obtiene una población de 592,577 habitantes en las dos regiones en estudio. Sin embargo, cuando se consideran únicamente los jefes y jefas de hogar estos ascienden a 158,373 hogares de los cuales el 31.95% se encuentran dirigidos por una mujer y, el 68.05% están presididos por hombres. Por otra parte, el 71.77% de la población en las regiones habita en zonas urbanas mientras que el 28.23% en zonas rurales.

Cuadro 2: Población encuestada de la ENIGH (2020) de Sierra de Amula y Sur

Municipios	Población			Porcentaje		
	Mujer	Hombre	Total	Mujer	Hombre	Total
Atengo	23,313	22,495	45,808	7.25%	8.30%	7.73%
Autlán de Navarro	54,816	45,680	100,496	17.05%	16.85%	16.96%
El Grullo	73,305	52,590	125,895	22.80%	19.40%	21.25%
Pihuamo	12,218	8,642	20,860	3.80%	3.19%	3.52%
Tuxcacu	15,376	20,336	35,712	4.78%	7.50%	6.03%
Tuxpan	74,264	63,002	137,266	23.10%	23.24%	23.16%
Zapotiltic	14,043	15,855	29,898	4.37%	5.85%	5.05%
Zapotlán el Grande	54,162	42,480	96,642	16.85%	15.67%	16.31%
Total	321,497	271,080	592,577	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH-INEGI (2020)

El Coeficiente de Gini se utiliza para generar un indicador sobre el nivel de la desigualdad y la distribución del ingreso entre la población (Medina, 2001; Jann, 2014). Asimismo, es útil para dimensionar la vulnerabilidad, amenazas y oportunidades, distribución del consumo y otros indicadores de bienestar (Stark, Taylor, y Yitzhaki, 1986).

La fórmula general es:

$$G = \sum_{k=1}^K S_K G_K R_K$$

Donde:

$S_K$  = Participación de importancia de la fuente de ingresos k en el ingreso total.

$G_K$  = Distribución del ingreso – Gini.

$R_K$  = Correlación de Gini del ingreso de la fuente k con la distribución del ingreso total.

Siguiendo a López-Feldman (2006, p. 108) establece que:

*[...] el cambio porcentual en la desigualdad resultante de un pequeño cambio porcentual en el ingreso de la fuente k es igual a la contribución original de la fuente k a la desigualdad del ingreso menos la participación de la fuente k en el ingreso total:*

$$\frac{\partial G / \partial e}{2a} = x = \frac{S_K G_K R_K}{G} - S_K$$

La población total en la región que se utilizó para generar el coeficiente de Gini y Curva de Lorenz es de 158,373 hogares con un total de 592,642 integrantes de familia. Los resultados están determinados sobre la base de información obtenida de la ENIGH-INEGI (2020) referida a un trimestre en ingresos corrientes totales (ict); ingresos corrientes monetarios laborales (ing\_lab); ingresos corrientes monetarios por rentas (ing\_ren); ingresos corrientes monetarios por transferencias (ing\_tra); ingreso promedio mensual por programas de adultos mayores (ing\_pam), fundamentalmente.

El rango de análisis del Índice de Gini oscila entre 0 a 1, siendo la máxima desigualdad igual a 1 (es decir, mayor concentración de los ingresos en una o pocas personas) y, máxima igualdad igual a 0 (mejor distribuidos los ingresos en los individuos). En el cuadro 3 se evidencian las tres fuentes de ingresos analizadas de los individuos agropecuarios en la región. Para contextualizar, la variable  $S_k$  está referida a qué importancia tiene la fuente

con respecto al ingreso total; Gk con qué situación equitativa o desigual está distribuida la fuente de ingresos; y cómo se correlacionan la fuente de ingresos y la distribución de los ingresos totales en estudio (Rk)<sup>1</sup>.

Cuadro 3: Descomposición de Gini en la población agropecuaria de la región

Ingreso total	Variable: Ingreso monetario trimestral ing_mon				
	Sk	Gk	Rk	Participación	% Cambio
Ingreso					
Ingreso laboral	0.7800	0.4288	0.8660	0.8174	0.0374
Ingreso por rentas	0.0085	0.9790	0.3288	0.0077	-0.0008
Ingreso por transferencias	0.2115	0.7342	0.3992	0.1749	-0.0366
Ingreso en adultos mayores	0.0255	0.8133	-0.1744	-0.0102	-0.0357
Total, ingreso		0.3544			

Fuente: Elaboración propia basada en la ENIGH-INEGI (2020).

Los ingresos laborales presentan un efecto relativamente importante entre la distribución del ingreso total, pues representan 78% respecto del ingreso monetario total de hogares. Estos ingresos muestran que un aumento del 1% en esa fuente, en igualdad de condiciones, aumenta el coeficiente de Gini del ingreso total con un cambio de 0.0374; además, esta fuente de ingresos tiene un efecto igualitario en la desigualdad del ingreso total, al dignificar los ingresos formales. Sin duda, resulta primordial generar mayores fuentes de ingresos por salarios, contratos formales y fortalecer la economía regional de las regiones Sierra de Amula y Sur, principalmente en las localidades más marginadas. Asimismo, existe una distribución desigual de los ingresos laborales ya que el coeficiente de Gini de la fuente fue de 0.4288 y la correlación de Gini entre los ingresos laborales y los ingresos

<sup>1</sup> Descripción de los ingresos analizados es la siguiente de acuerdo a INEGI-ENIGH (2018a, págs. 115, 169):  
a) Ingreso por transferencias son las entradas en efectivo o en especie recibidas por los integrantes del hogar y por las cuales el proveedor o donante no demanda retribución de ninguna naturaleza.  
b) Ingreso laboral incluye sueldos, salarios, jornales, aguinaldos, trabajos realizados, pagos por negocios con actividades de pesca, caza y captura de animales,  
c) Ingreso por renta. Agrupa todos los ingresos que reciben los integrantes del hogar derivados de la posesión de activos financieros o tangibles que han puesto a disposición de otros.

monetarios totales es de 0.8660, indicando que los ingresos laborales favorecen más que cualquier otra fuente de recursos, a diversos sectores, pero en mayor medida a los pobres.

Los ingresos por rentas tienen un efecto ligeramente igualador en la distribución del ingreso total y representan 0.85% respecto del ingreso monetario total de hogares. Un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, disminuye el coeficiente de Gini del ingreso total en un -0.008%. Asimismo, están distribuidos de manera desigual (0.9790) y la correlación de Gini entre los ingresos obtenidos por rentas y la suma de todos los tipos de ingresos es 0.3288. Es importante destacar que en la realidad pueden existir fuentes de ingresos que son distribuidos desigualmente (por ejemplo, programas asistencialistas con mínima focalización), aunque, pueden o no favorecer a quienes más necesidades presentan. A su vez, las remesas internacionales representan una importante fuente de ingresos totales del hogar en localidades rurales marginadas.

Por su parte, los ingresos por transferencias tienen un efecto ligeramente igualador en la distribución del ingreso total y representan 21.15% respecto del ingreso monetario total de hogares. Muestran que un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, disminuye el coeficiente de Gini total en un 0.0366; con un efecto ligeramente igualador en la distribución del ingreso. Los ingresos de transferencias están distribuidos relativamente de manera desigual (0.7342) y la correlación de Gini entre los ingresos de transferencias y los ingresos totales es de 39.92%.

Los ingresos en adultos mayores tienen un efecto ligeramente igualador en la distribución del ingreso total y representan 2.55% respecto del ingreso monetario total de hogares. Un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, disminuye el coeficiente de Gini del ingreso total en un -0.0357. Asimismo, están distribuidos de manera muy desigual (0.8133) y la correlación de Gini entre los ingresos de adultos mayores y la suma de todos los tipos de ingresos es negativa (-0.1744). Este hallazgo muestra que un Gini de fuente relativamente alto (0.8133) no implica que una fuente de ingresos tenga un efecto igualador en la desigualdad del ingreso total.

En la figura 7 se muestra la distribución de ingresos entre la población considerada como pobre y no pobre. Aproximadamente el 50% de la población no pobre concentra el 28.41% de los ingresos monetarios totales trimestrales, y el 75% de la población concentró el 53.81% respectivamente. Por el contrario, el 50% de la población pobre concentra el 31.30% de los ingresos monetarios totales trimestrales, mientras que el 75% de la población concentró el 59.76. Esta situación refleja que la distribución del ingreso se encuentra relativamente mejor distribuida entre los pobres, en contraste, con la población no pobre.

Según datos del INEGI (2020) la mayoría de los hogares en las regiones en estudio tienen el recurso hídrico, no obstante, cuando se describe la frecuencia en que llega a la vivienda el agua entubada proveniente de la red pública, se vislumbra una heterogeneidad lo cual genera una gran diferencia entre tener agua diariamente o cada tercer día (no carente de dotación de agua), y tener dos veces por semana, una vez por semana o de vez en cuando (sí carente de dotación de agua). De acuerdo con datos propios generados de la ENIGH-INEGI (2020) en la región existen 45,108 de los 157,920 jefes de hogares cuya dotación de agua se puede considerar como carente (25.92% son hogares dirigidos por una mujer y 74.08% por hombres). Además, el 72.15% de los hogares carentes se encuentran ubicados en localidades rurales y el 27.85% en las rurales.

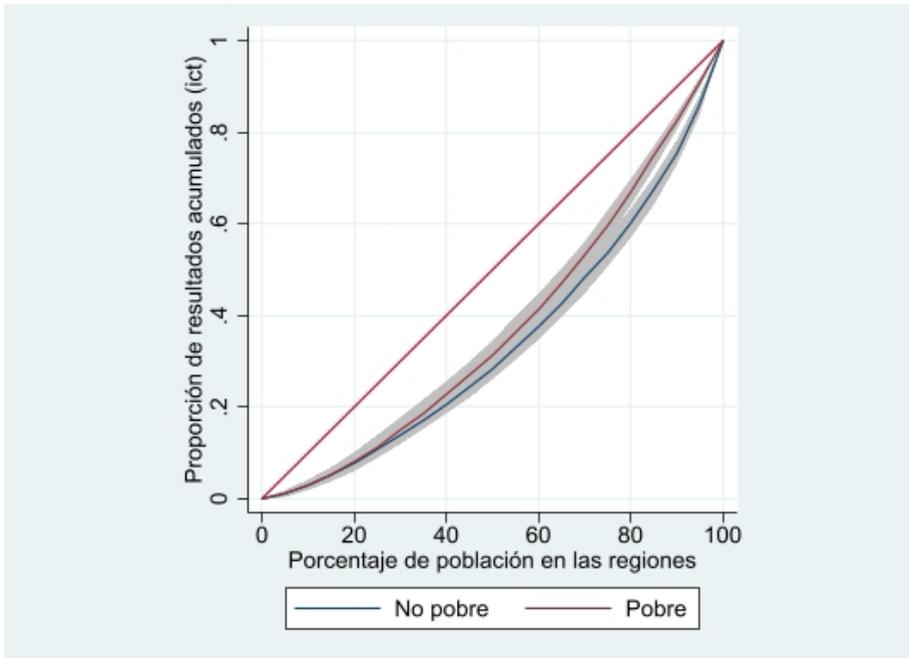


Figura 7: Curva de Lorenz de los ingresos corrientes (trimestral) de la población pobre y no pobre en las regiones en estudio. Fuente: Elaboración propia con datos generados en la ENIGH-INEGI (2020).

Medina (2001, p.14) señala que, “En términos simples, la Curva de Lorenz representa el porcentaje acumulado de ingreso (%Yi) recibido por un determinado grupo de población (%Pi) ordenado en forma ascendente de acuerdo con la cuantía de su ingreso ( $y_1 \leq y_2 \leq \dots, \leq y_n$ )”. Cuando existe una inclinación muy pronunciada de la curva se presenta concentración del ingreso. Por el contrario, existe una distribución del ingreso promedio de forma igualitaria en la medida que la curva coincide con la diagonal. En la figura 8 se evidencia una mayor desigualdad entre la distribución del ingreso laboral que tiene la población sin carencia de dotación de agua en las regiones. Aproximadamente el 50% de la población sin carencia de dotación de agua concentra el 18.96% de los ingresos laborales en el hogar.

Quienes tienen carencia en la dotación de agua aproximadamente el 50% de la población concentra el 23.77% de la población.

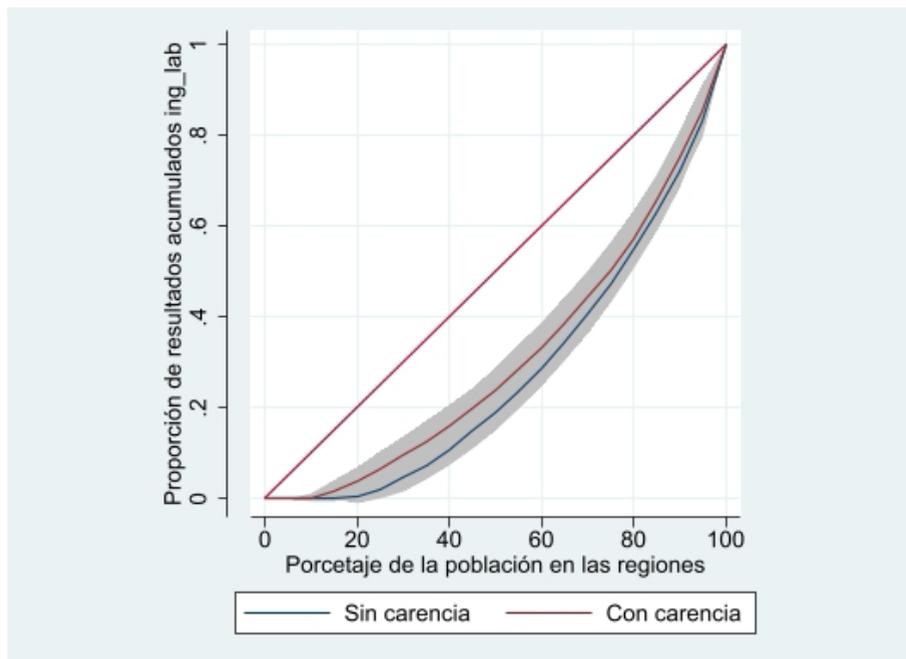


Figura 8: Curva de Lorenz de los ingresos laborales de la población según carencia de dotación de agua de los hogares en las regiones en estudio.

Fuente: Elaboración propia con datos generados en la ENIGH-INEGI (2020).

En la figura 9 se evidencia una mayor desigualdad entre los desplazamientos medido en minutos en llegar al hospital de la población sin carencia de dotación de agua en las regiones. Aproximadamente el 50% de la población sin carencia de dotación de agua concentra el 17.29% del tiempo, en contraste, quienes tienen carencia en la dotación de agua aproximadamente el 50% de la población concentra el 25.64%.

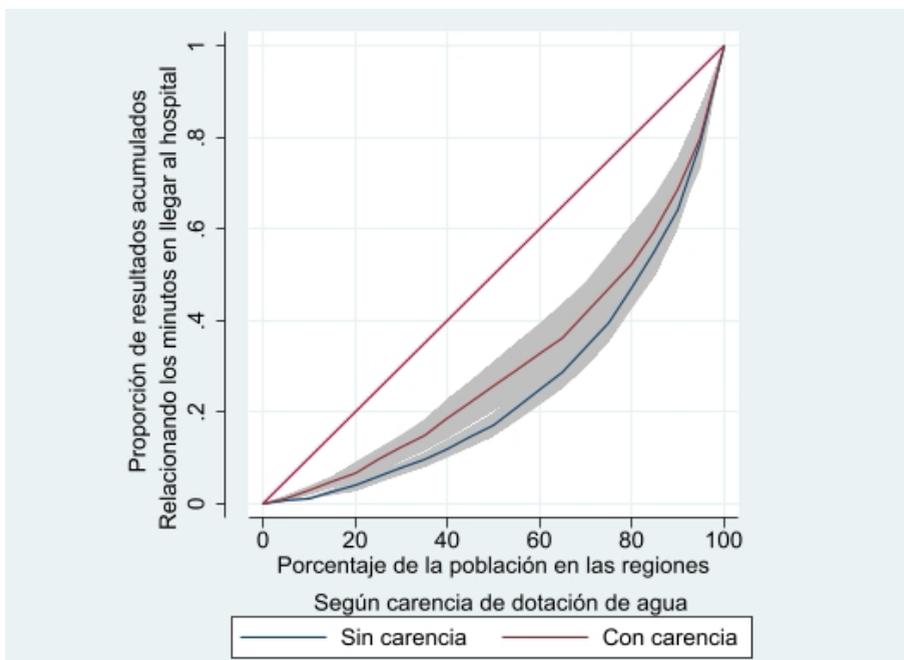


Figura 9: Curva de Lorenz de los minutos en llegar al hospital de la población según carencia de dotación de agua de los hogares en las regiones en estudio.

Fuente: Elaboración propia con datos generados en la ENIGH-INEGI (2020).

## Características de la distribución del nivel de educación

Las relaciones en la desigualdad se vinculan directamente con la distribución y nivel de educación de la población en las regiones Sierra de Amula y Sur. En la figura 10, se muestra la disparidad en el nivel educativo de los jefes y jefas de hogar según carencia de dotación de agua. En general, se observa que el 32.2% de los hogares con carencia de dotación de agua tienen primaria incompleta; 25.9% primaria completa; 3.8% secundaria incompleta y el 27.4% secundaria completa. En estos niveles educativos se concentra el 89.9% de la población con problemas de dotación diaria de agua.

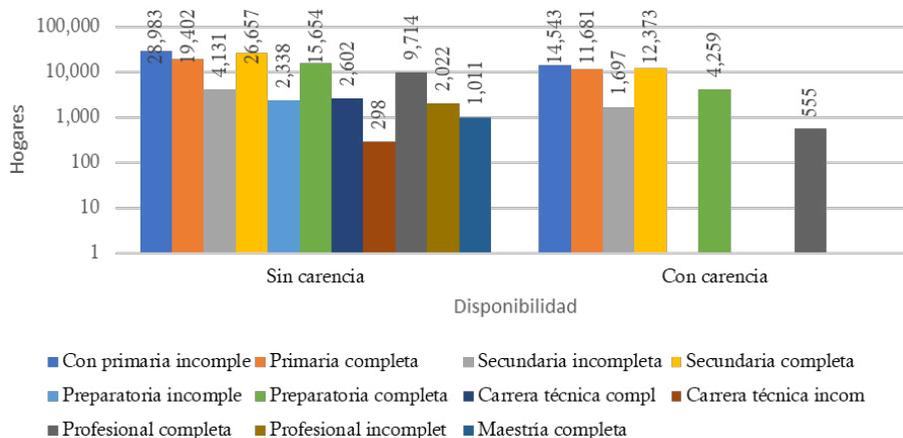


Figura 10: Distribución de la educación de los jefes y jefas de hogar en las regiones.  
Fuente: Elaboración propia con datos generados en la ENIGH-INEGI (2020).

De acuerdo con datos propios generados a partir de la ENIGH-INEGI (2020), del total de los jefes de hogares en la regiones el 79.30% corresponde a hogares sin carencia de dotación de agua y con seguridad alimentaria (75,929). Por otra parte, existen 19,822 hogares con carencia en la dotación de agua en las regiones en estudio que presentan el 20.70% con seguridad alimentaria, y el 43.94% del total de los hogares con esta condición. El 56.05% de los hogares con carencia de dotación de agua se encuentra en condiciones de inseguridad alimentaria leve, moderada o severa (cuadro 4).

Cuadro 4: Nivel de educación según inseguridad alimentaria en la población total agropecuaria de la región.

Nivel de (in) seguridad	Sin carencia	Con carencia	Total
Seguridad alimentaria	75,929	19,822	95,751
	79.30%	20.70%	100.00%
	67.31%	43.94%	60.63%

Inseguridad alimentaria leve	24,555	17,869	42,424
	57.88%	42.12%	100.00%
	21.77%	39.61%	26.86%
Inseguridad alimentaria moderada	6,817	6,275	13,092
	52.07%	47.93%	100.00%
	6.04%	13.91%	8.29%
Inseguridad alimentaria severa	5,511	1,142	6,653
	82.83%	17.17%	100.00%
	4.89%	2.53%	4.21%
Total	112,812	45,108	157,920
	71.44%	28.56%	100.00%
	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos generados en la ENIGH-INEGI (2020).

## Características del ingreso entre la población rural urbana

Sobre la base de la información del Censo de Población del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2020), se obtuvo la información social y económica de cada una de las colonias del municipio de cada municipio.

El análisis inicial que se presenta es el caso de El Grullo, donde, a partir de la información de 30 colonias fue posible realizar el análisis geográfico socioeconómico. Para explicar las relaciones entre las colonias se estableció como variable dependiente la:

a) Población de 12 años o más económicamente activa registradas en cada una de ellas cuya población tenía trabajo, pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia del Censo INEGI (2020).

Con las variables independientes:

a) Población masculina de 12 años o más desocupada (PDESOCUP\_M, hombres de 12 a 130 años de edad que no tenían trabajo, pero buscaron trabajo en la semana de referencia);

b) Viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe (VPH\_CISTER2), y

c) Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (VPH\_NODREN3). Se generó un análisis de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) espaciales.

Es importante señalar, que este apartado presenta los principales hallazgos obtenidos en las regresiones; por tanto, no se pretende mostrar el rigor matemático o fórmulas para su explicación. Al respecto, existen innumerables documentos que explican con mayor amplitud los detalles técnicos de las regresiones espaciales.

Los valores R cuadrado múltiple y R cuadrado ajustado son 0.960 y 0.955 respectivamente. Esto es, el modelo explica aproximadamente el 95% de la variación en la variable dependiente. Dicho de otra manera, el modelo expresa aproximadamente el 95% de la PEA. El coeficiente obtenido de cada variable explicativa refleja la fuerza y el tipo de relación que tiene la variable explicativa con la variable dependiente, en este caso, el signo que se asocia con el coeficiente de las variables independientes resulta positivo (cuanto mayor es la población masculina de 12 años o más desocupada y las viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe, mayor la cantidad de PEA). El coeficiente de PDESOCUP\_M se proporciona en las mismas unidades que su variable explicativa asociada (población), mientras que las otras variables están referida a viviendas cuyos coeficientes son 50.636, 3.185 y 13.899 respectivamente (cuadro 5).

El coeficiente refleja el cambio esperado en la variable dependiente

---

<sup>2</sup> El concepto “Viviendas particulares habitadas que tienen cisterna o aljibe” comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como: casa única en el terreno; casa que comparte terreno con otra(s); casa dúplex; departamento en edificio; vivienda en vecindad o cuartería; vivienda en cuarto de azotea de un edificio y no especificado de vivienda particular. Incluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

<sup>3</sup> El concepto “Viviendas particulares habitadas que no tienen drenaje” comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como: casa única en el terreno; casa que comparte terreno con otra(s); casa dúplex; departamento en edificio; vivienda en vecindad o cuartería; vivienda en cuarto de azotea de un edificio y no especificado de vivienda particular. Incluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

para cada cambio en una unidad en la variable explicativa asociada, manteniendo todas las otras variables constantes (por ejemplo, se espera un incremento de 50.636 en la PEA por cada persona masculina de 12 años o más desocupada, 3.185 por cada vivienda particular habitada que no disponen de cisterna o aljibe, manteniendo todas las otras variables explicativas constantes).

Cuadro 5: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en El Grullo

Variable	Coefficiente [a]	Std Error	t estadístico	Probabilidad [b]	Robusto SE	Robusto t	Robusto Pr [b]	VIF [c]
Intercepto	24.003	32.361	0.742	0.465	21.063	1.140	0.264	
PDES-OCUP_M	50.636	18.025	2.809	0.009*	20.684	2.448	0.021*	7.171
VPH_CISTER	3.185	0.396	8.047	0.000*	0.392	8.131	0.000*	5.211
VPH_NO-DREN	13.899	21.605	0.643	0.525	33.612	0.414	0.683	2.197

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020).

Los resultados con una probabilidad o probabilidad robusta (valor  $p$ ) pequeña, es un indicador de que la posibilidad de que el coeficiente sea esencialmente cero o se reduzca. En el caso de la prueba Koenker (cuadro 6) es estadísticamente significativa, por ello, se utilizan las probabilidades robustas para evaluar la importancia estadística de la variable explicativa. La VIF mide la redundancia entre las variables explicativas. En este caso, las variables explicativas se presentan como un nivel más alto de 7.171; por tanto, no existen variables explicativas asociadas con los valores del VIF mayores que 7.5 aproximadamente las cuales deberían eliminarse del modelo de regresión.

Cuadro 6: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en El Grullo

Características de entrada	El Grullo	Variabes dependientes	PEA
Número de observaciones:	31.000	Criterio de información de Akaike (AICc) [d]:	399.975
Múltiple R-Cuadrado [d]:	0.960	R-cuadrado ajustado [d]:	0.955
Estadístico F conjunto [e]:	213.810	Prob(>F), (3,27) grados de libertad:	0.000*
Estadística conjunta de Wald [e]:	7,361.922	Prob(>chi-cuadrado), (3) grados de libertad:	0.000*
Estadístico de Koenker (BP) [f]:	18.331	Prob(>chi-cuadrado), (3) grados de libertad:	0.000*
Estadístico de Jarque-Bera [g]:	2.059	Prob(>chi-cuadrado), (2) grados de libertad:	0.357

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de regresión espacial con datos de INEGI (2020).

El índice estadístico F conjunto es confiable cuando el estadístico de Koenker (BP) (cuadro 6) no es estadísticamente significativo. Sin embargo, en este caso, el índice estadístico de Koenker (BP) es significativo, por tanto, se consulta el índice estadístico de Wald conjunto para determinar la importancia general del modelo. La hipótesis nula para esta prueba es que las variables explicativas del modelo no son efectivas. El resultado señala que, con un nivel de confianza del 95% del valor p (probabilidad) menor que 0.05 indica un modelo estadísticamente significativo. Para atender lo anterior, se realizó el análisis de regresión ponderada geográficamente (GWR) cuyos resultados se muestran a continuación (cuadro 7). Por su parte, la hipótesis nula del estadístico de Jarque-Bera es que los residuales son distribuidos normalmente. En este caso, el valor p (probabilidad) obtenido es alto (mayor que 0.05 para un nivel de confianza del 95%), los residuales son distribuidos normalmente, lo que indica que el modelo no es tendencioso.

Cuadro 7: Regresión ponderada geográficamente de la PEA con drenaje (agua) en El Grullo

Variable	Valor
Banda ancha	198,071.332
Cuadrados residuales	488,215.099
Número efectivo	4.002
Sigma	134.474
AICc	399.977
R2	0.960
R2 ajustado	0.955

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de regresión espacial con datos de INEGI (2020).

Notas sobre la interpretación en términos generales:

\* Un asterisco junto a un número indica un valor p estadísticamente significativo ( $p < 0,01$ ).

[a] Coeficiente: Representa la fuerza y el tipo de relación entre cada variable explicativa y la variable dependiente.

[b] Probabilidad y Probabilidad Robusta (Robusta Pr): El asterisco (\*) indica que un coeficiente es estadísticamente significativo ( $p < 0,01$ ); si la estadística de Koenker (BP) [f] es estadísticamente significativa, se usa la columna de probabilidad robusta (Robusto Pr) para determinar la importancia del coeficiente.

[c] Factor de inflación de la varianza (VIF): Los valores grandes del factor de inflación de la varianza (VIF) ( $> 7,5$ ) indican redundancia entre las variables explicativas.

[d] R-Squared y criterio de información de Akaike (AICc): medidas de ajuste/rendimiento del modelo.

[e] Estadísticas conjuntas de F y Wald: el asterisco (\*) indica la importancia general del modelo ( $p < 0,01$ ); si la estadística de Koenker (BP) [f] es estadísticamente significativa, se utiliza la estadística de Wald para determinar la importancia general del modelo.

[f] Estadístico de Koenker (BP): Cuando esta prueba es estadísticamente significativa ( $p < 0,01$ ), las relaciones modeladas no son consistentes (ya sea por no estacionariedad o heteroscedasticidad). Debe confiar en las probabilidades robustas (Robusto Pr) para determinar la importancia del coeficiente y en la estadística de Wald para determinar la importancia general del modelo.

[g] Estadístico de Jarque-Bera: Cuando esta prueba es estadísticamente significativa ( $p < 0,01$ ) las predicciones del modelo están sesgadas (los residuos no se distribuyen normalmente).

Una vez que se ha especificado la significancia del modelo de regresión lineal y pesos geográficos en el territorio de El Grullo es posible generar la prospectiva y predecir el fenómeno en el futuro sobre la base de los índices generados. En la figura 11 se presentan los resultados de la regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe y PEA en el Grullo considerando siete grupos. Las colonias con tonalidades de colores más fuertes, es decir, de los grupos V, VI y VII requieren ser atendidas mediante programas de políticas públicas para aumentar la calidad y el acceso al agua, lo cual conlleva a mejorar la disponibilidad del vital líquido y reducir las posibles enfermedades y problemas de salud; para ello, se sugiere desarrollar un programa de asistencia y evaluación de la calidad del agua (que puedan ser utilizadas para el consumo humano de los pozos o cisternas en la sociedad. Asimismo, se observa que existe una fuerte relación entre la población total (POBTOT) en cada colonia y el nivel de viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe, así como, con las viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda (VPH\_AGUAFV). Se evidencia que la mayoría de las viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (VPH\_NODREN) se encuentran localizadas en los territorios con una población inferior a los dos habitantes, generalmente.

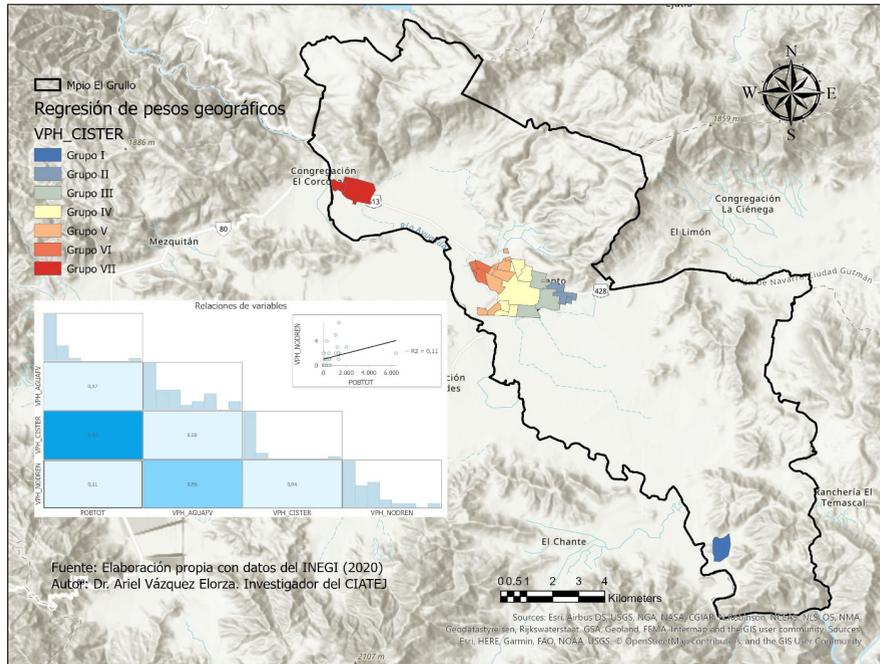


Figura 11: Regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe y PEA en el Grullo  
 Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020).

En la figura 12 se presentan los resultados de la regresión de pesos geográficos la población masculina de 12 años o más desocupada y PEA en El Grullo considerando siete grupos. Las colonias con tonalidades de colores más fuertes, es decir, de los grupos V, VI y VII requieren ser atendidas mediante programas de políticas públicas para generar más y mejores niveles de empleos. En general se observa que, esta necesidad se ubica en mayor medida para las colonias del sur de la cabecera municipal, así como, en las localidades del sur del territorio. Al crear empleos (formales) la disponibilidad del ingreso laboral se mejora y reducen las posibles emigraciones de la población que no encuentra un sustento o vida digna para

vivir; para ello, se sugiere desarrollar un programa de asistencia y facilitación de creación de fuentes laborales con las empresas locales o externas.

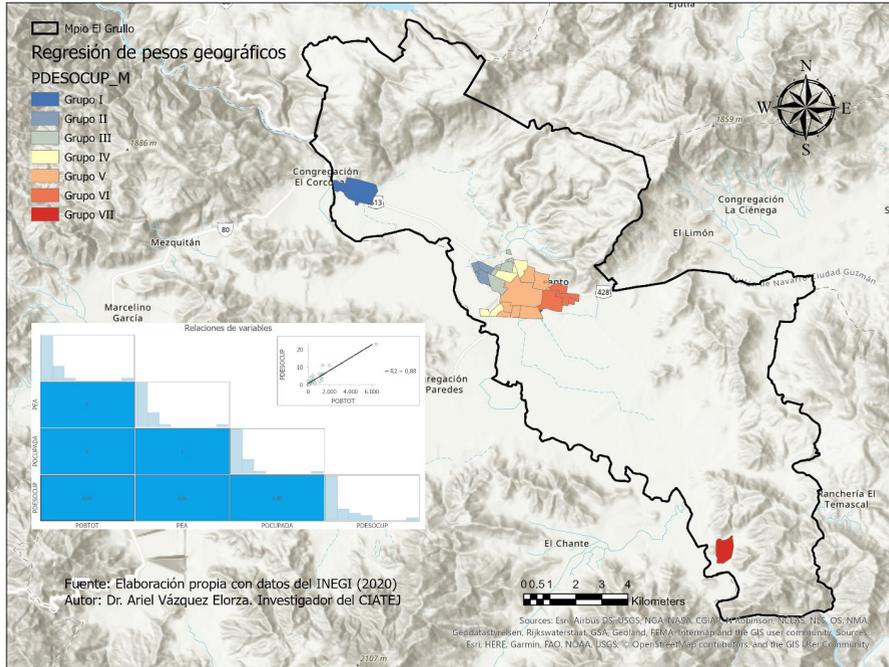


Figura 12: Regresión de pesos geográficos de población masculina de 12 años o más desocupada y PEA en El Grullo. Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020).

Por otra parte, se observa que existe una fuerte relación entre la población total (POBTOT) en cada colonia y el nivel de población masculina de 12 años o más desocupada y PEA, y de ésta con la población de 12 años o más ocupada (POCUPADA). Se evidencia que la mayoría de la población desocupada se ubican en los territorios del sur del municipio, lo cual, genera oportunidades para incrementar los niveles de empleos, de calidad y remunerados para la población en condiciones de mayor ruralidad.

A partir de la información del Censo de Población del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2020) se generaron relaciones

entre las características sociales y económicas entre las colonias del municipio de Zapotitlán de Vadillo. Particularmente, 8 colonias fueron analizadas mediante relaciones geográficas socioeconómicas. Para explicar las relaciones entre las colonias se estableció como variable dependiente la a) población de 12 años o más económicamente activa (PEA) (INEGI, 2020) con las variables independientes a) viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (VPH\_NODREN) y b) Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, agua entubada, ni drenaje (VPH\_NDEAED4).

Se generó un análisis de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) espaciales. Los valores R cuadrado múltiple y R cuadrado ajustado son 0.991 y 0.988 respectivamente. Esto es, el modelo explica aproximadamente el 98% de la variación en la variable dependiente. Dicho de otra manera, el modelo expresa aproximadamente el 98% de la PEA (cuadro 8). El coeficiente obtenido de cada variable explicativa refleja la fuerza y el tipo de relación que tiene la variable explicativa con la variable dependiente, en este caso, el signo que se asocia con el coeficiente de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (VPH\_NODREN) se incrementa la cantidad de PEA. El coeficiente de VPH\_NDEAED se proporciona en unidades de viviendas con carencias cuyo coeficiente es negativo (-135.15) (cuadro 8). El coeficiente refleja el cambio esperado en la variable dependiente para cada cambio en una unidad en la variable explicativa asociada, manteniendo todas las otras variables constantes (por ejemplo, se espera un incremento de 158.994 en la PEA por cada vivienda particular habitada que no dispone

---

<sup>4</sup> Viviendas particulares habitadas que no tienen energía eléctrica, agua entubada ni drenaje. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como: casa única en el terreno; casa que comparte terreno con otra(s); casa dúplex; departamento en edificio; vivienda en vecindad o cuartería; vivienda en cuarto de azotea de un edificio y no especificado de vivienda particular. Incluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

de drenaje; una reducción de al menos -135.155 por cada vivienda particular habitada que no dispone de energía eléctrica, agua entubada, manteniendo todas las otras variables explicativas constantes).

Cuadro 8: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Zapotitlán de Vadillo

Variable	Coefficiente [a]	Std Error	t estadístico	Probabilidad [b]	Robusto SE	Robusto t	Robusto Pr [b]	VIF [c]
Intercepto	-31.200	25.684	-1.215	0.270	26.900	-1.160	0.290	
VPH_NO-DREN	158.994	9.985	15.923	0.000*	5.446	29.197	0.000*	3.767
VPH_NDEAED	-135.155	38.068	-3.550	0.012*	28.261	-4.782	0.003*	3.767

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020).

Los resultados con una probabilidad o probabilidad robusta pequeña (valor p), es un indicador de que la posibilidad de que el coeficiente sea esencialmente cero o se reduzca. En el caso de la prueba Koenker (cuadro 9) no es estadísticamente significativa. No obstante, se utilizan las probabilidades robustas para evaluar la importancia estadística de la variable explicativa. La VIF mide la redundancia entre las variables explicativas. En este caso, las variables explicativas presentan como un nivel más alto de 3.767; por tanto, no existen variables explicativas asociadas con los valores del VIF mayores que 7.5 aproximadamente las cuales debieran eliminarse del modelo de regresión.

Cuadro 9: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Zapotitlán de Vadillo

Características de entrada	Zapotitlán de Vadillo	Variables dependientes	PEA
Número de observaciones:	9.000	Criterio de información de Akaike (AICc) [d]:	113.779
Múltiple R-Cuadrado [d]:	0.991	R-cuadrado ajustado [d]:	0.988
Estadístico F conjunto [e]:	318.756	Prob(>F), (3,27) grados de libertad:	0.000*
Estadística conjunta de Wald [e]:	7,528.726	Prob(>chi-cuadrado), (3) grados de libertad:	0.000*
Estadístico de Koenker (BP) [f]:	1.755	Prob(>chi-cuadrado), (3) grados de libertad:	0.416
Estadístico de Jarque-Bera [g]:	4.333	Prob(>chi-cuadrado), (2) grados de libertad:	0.115

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de regresión espacial con datos de INEGI (2020).

El índice estadístico F conjunto es confiable cuando el estadístico de Koenker (BP) (cuadro 9) no es estadísticamente significativo. Sin embargo, en este caso, el índice estadístico de Koenker (BP) no es significativo, por tanto, se consulta el índice estadístico de Wald conjunto para determinar la importancia general del modelo. La hipótesis nula para esta prueba es que las variables explicativas del modelo no son efectivas. El resultado señala que, con un nivel de confianza del 95% del valor p (probabilidad) menor que 0.05 indica un modelo estadísticamente significativo. De esta manera, se realizó el análisis de regresión ponderada geográficamente (GWR) cuyos resultados se muestran a continuación (cuadro 10). Por su parte, la hipótesis nula del estadístico de Jarque-Bera es que los residuales son distribuidos normalmente. En este caso, el valor p (probabilidad) obtenido es alto (mayor que 0.05 para un nivel de confianza del 95%), los residuales son distribuidos normalmente, lo que indica que el modelo no es tendencioso.

Cuadro 10: Regresión ponderada geográficamente de la PEA con drenaje (agua) en Zapotitlán de Vadillo

Variable	Indicador
Banda ancha	108,545.362
Cuadrados residuales	22,049.798
Número efectivo	3.006
Sigma	60.652
AICc	113.803
R2	0.991
R2 ajustado	0.988

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de regresión espacial con datos de INEGI (2020).

Después de especificar la significancia del modelo de regresión lineal y pesos geográficos en el territorio de Zapotitlán de Vadillo es posible generar la prospectiva y predecir el fenómeno en el futuro sobre la base de los índices generados. En la figura 13 se presentan los resultados de la regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, agua entubada, ni drenaje y PEA considerando siete grupos. Las colonias con tonalidades de colores más fuertes, es decir,

de los grupos V, VI y VII requieren ser atendidas mediante programas de políticas públicas para aumentar la calidad de vida y el acceso al agua. Estas se encuentran localizadas en mayor medida en la parte norte del territorio (ubicación de las colonias en estudio). Asimismo, se observa que existe una fuerte relación entre la población total (POBTOT) en cada colonia y el nivel de viviendas particulares habitadas que no disponen drenaje; por otra parte, se observa una correlación fuerte positiva entre la población total con la población de 15 años o más analfabeta (P15YM\_AN) así como viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje. Esto es, en la medida de que la población en las colonias se incrementa, también aumentan las carencias sociales y bienestar de los habitantes.

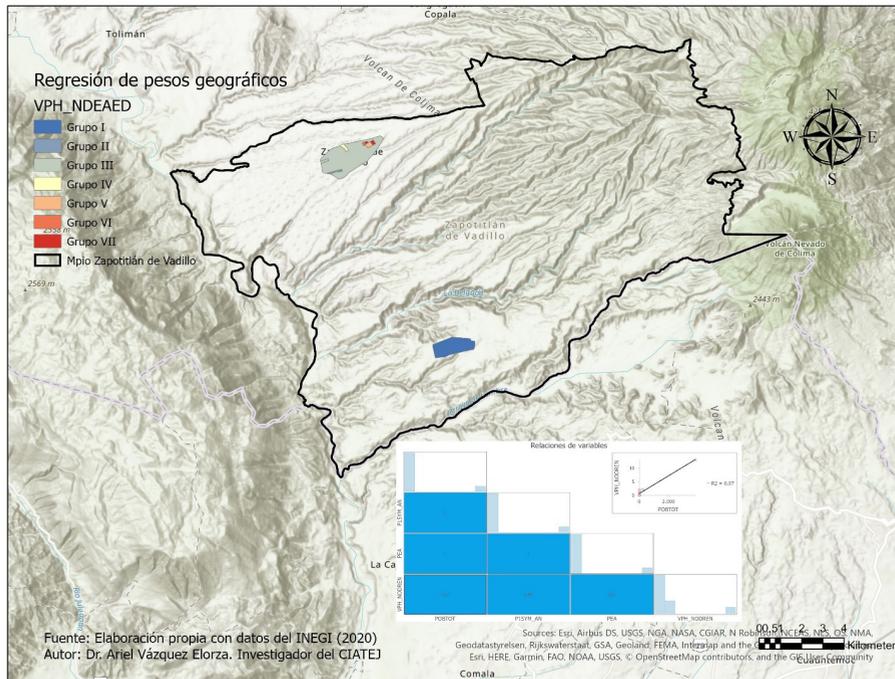


Figura 13: Regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, agua entubada, ni drenaje y PEA en Zapotitlán de Vadillo.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020)

En la figura 14 se presentan los resultados de la regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje y PEA considerando siete grupos. Las colonias con tonalidades de colores más fuertes, es decir, de los grupos V, VI y VII requieren ser atendidas mediante programas de políticas públicas para aumentar el acceso al drenaje. Estas se encuentran localizadas en mayor medida en la parte sur del territorio (ubicación de las colonias en estudio). Asimismo, se observa que existe una fuerte relación entre la población total (POBTOT) en cada colonia y la población de 15 años o más analfabeta.

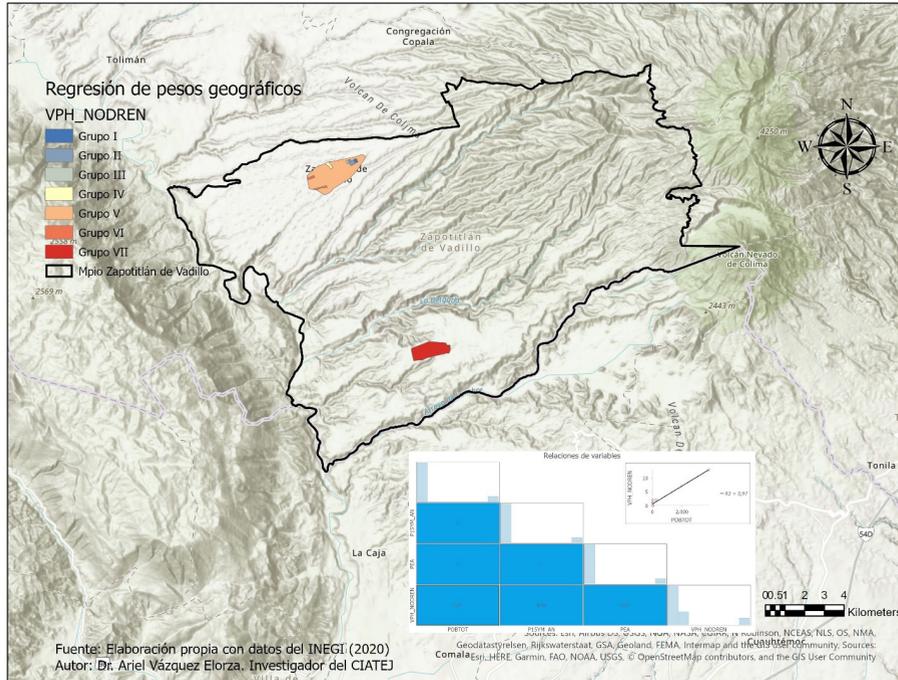


Figura 14: Regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje y PEA en Zapotitlán de Vadillo.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020)

De igual manera se procedió a obtener información social y económica de cada una de las colonias del municipio de Unión de Tula sobre la base de la información del Censo de Población del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2020). A partir de la información de 25 colonias fue posible realizar los análisis geográficos socioeconómicos. Para explicar las relaciones entre las colonias se estableció como variable dependiente a) la población de 12 años o más económicamente activa registrada en cada una de ellas -PEA- cuya población tenía trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia del Censo INEGI (2020) con las variables independientes; b) viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (VPH\_NODREN) y población femenina de 15 años o más con primaria completa (P15PRI\_COF mujeres de 15 a 130 años de edad que tienen como máxima escolaridad 6 grados aprobados en primaria).

Se generó un análisis de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) espaciales. Los valores R cuadrado múltiple y R cuadrado ajustado corresponden a 0.959 ambos. Esto es, el modelo explica aproximadamente el 95% de la variación en la variable dependiente. Dicho de otra manera, el modelo expresa aproximadamente el 95% de la PEA (cuadro 18). De igual manera, el coeficiente obtenido de cada variable explicativa refleja la fuerza y el tipo de relación que tiene la variable explicativa con la variable dependiente, en este caso, el signo que se asocia con el coeficiente de las variables independientes resulta positivo (cuanto mayor es la cantidad de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje y población femenina de 15 años o más con primaria completa, aumenta la cantidad de PEA).

El coeficiente de VPH\_NODREN se proporciona en la unidad de viviendas con la variable explicativa asociada (población), mientras que P15PRI\_COF está referida a personas cuyos coeficientes son 11.506 y 6.632 respectivamente (cuadro 11). El coeficiente refleja el cambio esperado en la variable dependiente para cada cambio en una unidad en la variable explicativa asociada, manteniendo todas las otras variables constantes (por ejemplo, se espera un incremento de 11.506 en la PEA por cada persona masculina de 12 años o más desocupada; 3.185 por cada vivienda particular habitada que no disponen de drenaje, manteniendo todas las otras variables explicativas constantes).

Cuadro 11: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Unión de Tula

	Coe- ficiente [a]	Std Error	t esta- dístico	Probabili- dad [b]	Robus- to SE	Robus- to t	Robusto Pr [b]	VIF [c]
Intercepto	3.873	12.851	0.301	0.766	6.630	0.584	0.565	
P15PRI_COF	6.632	0.301	22.027	0.000*	0.250	26.512	0.000*	1.057
VPH_NODREN	11.506	5.465	2.106	0.046*	5.248	2.193	0.038*	1.057

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020).

Los resultados con una probabilidad o probabilidad robusta (valor p) pequeña, es un indicador de que la posibilidad de que el coeficiente sea esencialmente cero o se reduzca. En el caso de la prueba Koenker (cuadro 12) es estadísticamente significativa, por ello, se utilizan las probabilidades robustas para evaluar la importancia estadística de la variable explicativa. La VIF mide la redundancia entre las variables explicativas. En este caso, las variables explicativas presentan como un nivel más alto de 1.057; por tanto, no existen variables explicativas asociadas con los valores del VIF mayores que 7.5 aproximadamente las cuales debieran eliminarse del modelo de regresión.

Cuadro 12: Regresión de pesos geográficos de la PEA con drenaje (agua) en Unión de Tula

Características de entrada	Zapotitlán de Vadillo	Variables dependientes	PEA
Número de observaciones:	26.000	Criterio de información de Akaike (AICc) [d]:	276.362
Múltiple R-Cuadrado [d]:	0.959	R-cuadrado ajustado [d]:	0.956
Estadístico F conjunto [e]:	270.170	Prob(>F), (3,27) grados de libertad:	0.000*
Estadística conjunta de Wald [e]:	759.991	Prob(>chi-cuadrado), (3) grados de libertad:	0.000*
Estadístico de Koenker (BP) [f]:	8.354	Prob(>chi-cuadrado), (3) grados de libertad:	0.015*
Estadístico de Jarque-Bera [g]:	0.257	Prob(>chi-cuadrado), (2) grados de libertad:	0.880

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de regresión espacial con datos de INEGI (2020).

El índice estadístico F conjunto es confiable cuando el estadístico de Koenker (BP) (cuadro 12) no es estadísticamente significativo. Sin embargo,

en este caso, el índice estadístico de Koenker (BP) es significativo, por tanto, se consulta el índice estadístico de Wald conjunto para determinar la importancia general del modelo. La hipótesis nula para esta prueba es que las variables explicativas del modelo no son efectivas. El resultado señala que, con un nivel de confianza del 95% del valor p (probabilidad) menor que 0.05 indica un modelo estadísticamente significativo. Para atender lo anterior, se realizó el análisis de regresión ponderada geográficamente (GWR) cuyos resultados se muestran a continuación (cuadro 13). Por su parte, la hipótesis nula del estadístico de Jarque-Bera es que los residuales son distribuidos normalmente. En este caso, el valor p (probabilidad) obtenido es alto (mayor que 0.05 para un nivel de confianza del 95%), los residuales son distribuidos normalmente, lo que indica que el modelo no es tendencioso.

Cuadro 13: Regresión ponderada geográficamente de la PEA con drenaje (agua) en Unión de Tula

Variable	Valor
Banda ancha	173,694.729
Cuadrados residuales	42,982.506
Número efectivo	3.007
Sigma	43.236
AICc	276.371
R2	0.959
R2 ajustado	0.956

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de regresión espacial con datos de INEGI (2020).

Después de especificar la significancia del modelo de regresión lineal y pesos geográficos en el territorio de Unión de Tula es posible generar la prospectiva y predecir el fenómeno en el futuro sobre la base de los índices generados. En la figura 15 se presentan los resultados de la regresión de pesos geográficos de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje y PEA considerando siete grupos. Las colonias con tonalidades de colores más fuertes, es decir, de los grupos V, VI y VII las cuales se encuentran localizadas fundamentalmente en el norte tanto de la cabecera municipal como del territorio, requieren ser atendidas mediante programas

de políticas públicas para aumentar la calidad y el acceso al drenaje, lo cual conlleva a mejorar la disponibilidad del vital líquido y reducir las posibles enfermedades y problemas relacionados con la salud. Sin duda, esta realidad coloca al municipio en una gran oportunidad de generar estrategias para la implementación de políticas públicas con la participación de la sociedad para atender problemáticas y consecuencias en materia sanitaria. Asimismo, se observa que existe una fuerte relación entre la PEA en cada colonia y población sin afiliación a servicios de salud (PSINDER), así como, con las viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda.

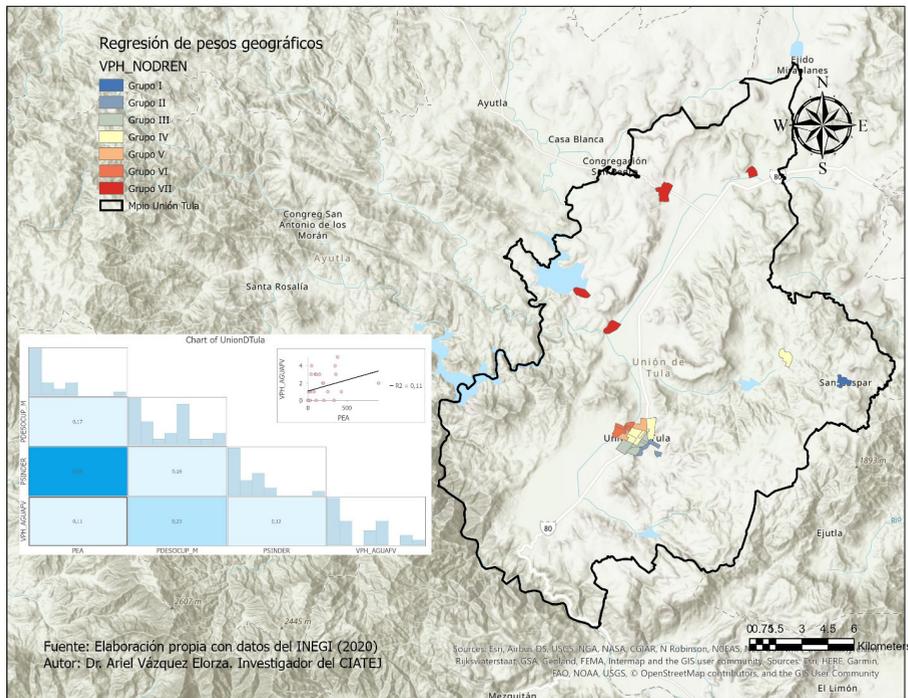


Figura 15: Regresión de pesos geográficos de viviendas que no disponen de drenaje y PEA en Unión de Tula

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020)

En la figura 16 se presentan los resultados de la regresión de pesos geográficos de población femenina de 15 años o más con primaria completa y PEA considerando siete grupos. Las colonias con tonalidades de colores más fuertes, es decir, de los grupos V, VI y VII requieren ser atendidas mediante programas de políticas públicas para aumentar el acceso a la educación, principalmente en las mujeres. Estas se encuentran localizadas en mayor medida en noreste del territorio (ubicación de las colonias en estudio). Asimismo, se observa que existe una fuerte relación entre la población total (POBTOT) en cada colonia y la población de 15 años o más analfabeta y PEA. Esta relación pone en evidencia la necesidad de establecer estrategias de políticas públicas para mejorar las condiciones de empleo entre los habitantes en el norte y noreste del territorio.

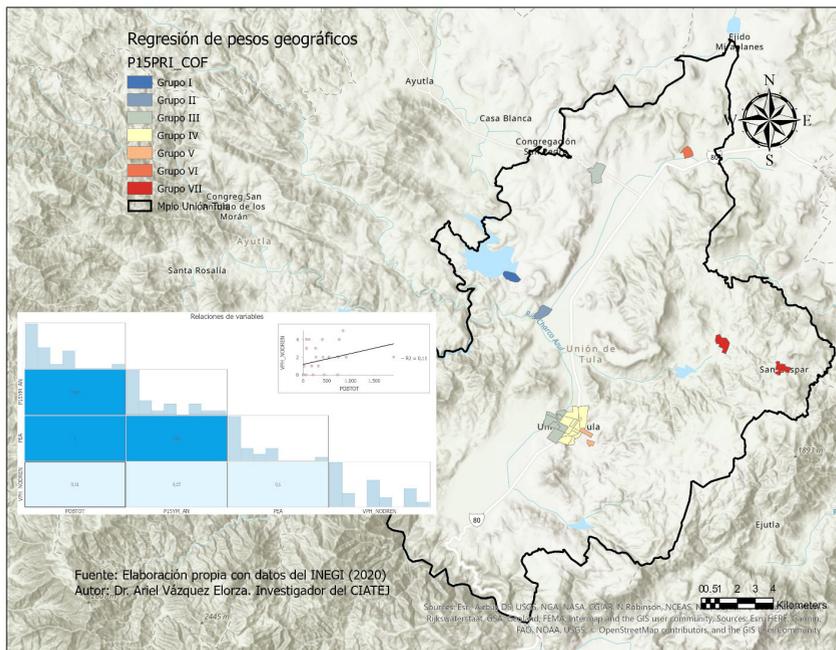


Figura 16: Regresión de pesos geográficos de población femenina de 15 años o más con primaria completa y PEA en Unión de Tula. Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020)

## Relaciones espaciales de las regiones Sur y Sierra de Amula

Para analizar las relaciones espaciales y temporales existen diversos métodos e índices usados en la determinación de la dependencia, tales como: I Moran, Geary's C y Getis-Ord. Shen et al. (2016, p. 1) señalan que “El análisis de autocorrelación espacio-temporal es un método eficaz para comprender mejor las estructuras y patrones espacio-temporales”. Por su parte, Tobler (1979) señala que “todo tiene que ver con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas entre sí que las cosas lejanas”. El presente capítulo tiene como objetivo encontrar relaciones entre diversas manzanas habitadas de las localidades, utilizando métodos de análisis espacial. La hipótesis se centra en comprobar la autocorrelación de las localidades en los tres municipios de interés.

Es relevante destacar que las descripciones expuestas en este capítulo, no se desarrollan con rigor matemático o formalización de los métodos dado que se considera muy pertinente analizar la información y su interpretación. El lector podrá encontrar una gran literatura en fuentes de información digital. La importancia de dimensionar las características de la calidad gubernamental desde un espacio georreferenciado genera una mayor potencialización e identificación de las principales áreas de oportunidad territorial que existe en el país para comprender e implementar políticas públicas de mejora en la gestión pública considerando la continuidad y proximidad de los territorios.

Con la finalidad de encontrar relaciones entre diversas manzanas habitadas de las localidades se realizó un análisis espacial de I Moran para identificar la existencia de dependencia espacial. Para ello, fue importante generar ponderaciones de proximidad de tipo reina.

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde  $N$  es el número de unidades de análisis y  $W = \sum_i \sum_j w_{ij}$  corresponde al número total de vecindades (Siabato & Guzmán-Manrique, 2019). Asimismo,  $x_i$  es la variable cuantitativa de la región (Distrito)  $i$ ,  $\bar{x}$  es su media muestral,  $w_{ij}$  son los pesos de la matriz. La prueba de hipótesis nula establecida es de no autocorrelación y la alternativa de autocorrelación.

La variable de análisis VPH\_DRENAJ son viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública; una fosa séptica o tanque séptico (biodigestor); una tubería que va a dar a una barranca o grieta, río, lago o mar. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como: casa única en el terreno; casa que comparte terreno con otra(s); casa dúplex; departamento en edificio; vivienda en vecindad o cuartería; vivienda en cuarto de azotea de un edificio y no especificado de vivienda particular. Incluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes INEGI (2020).

Las relaciones que se estudiaron se generaron para los tres municipios en estudio. En la figura 17, se muestra la distribución de la población de los territorios de Unión de Tula.



se obtiene que casi el 97% tiene drenaje; sin embargo, cuando se comparan con viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivas, incluyendo a las viviendas sin información de ocupantes se obtiene que las localidades en general tienen, en promedio, 66% de viviendas con drenaje. Esta situación es realmente importante para tomar decisiones de políticas públicas, ya que aproximadamente el 32% de las viviendas podrían considerarse no habitadas. Esto puede deberse a una importante emigración de las familias y hogares en las localidades rurales, fundamentalmente.

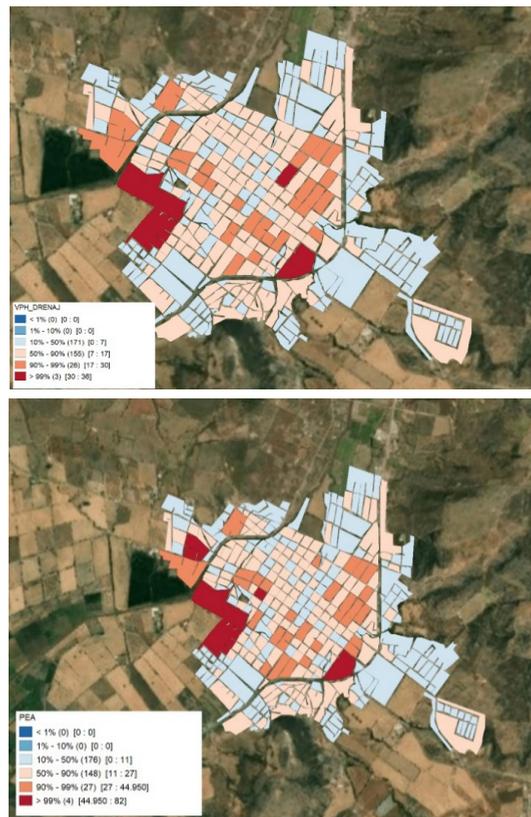


Figura 18: Características en AGEB's en Unión de Tula con Drenaje y nivel de PEA

Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI, 2020).

En la figura 18 se aprecia la distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) en la principal localidad del municipio. De acuerdo con datos oficiales del INEGI (2020) la localidad de Unión de Tula alcanzaría el 46.8% de la PEA como proporción del total de su población, donde las mujeres alcanzan el 40.3% y los hombres el 59.7%. En el Noreste y Noroeste se encuentran los mayores niveles de los percentiles tanto de la PEA como de las viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública; una fosa séptica o tanque séptico (biodigestor); una tubería que va a dar a una barranca o grieta, río, lago o mar. Al relacionar el total de viviendas habitadas con drenaje de la localidad de Unión de Tula se obtiene que el 99% cuenta con drenaje; sin embargo, cuando se relaciona con el total de las viviendas, en general, se evidencia que sólo el 72% cuenta con drenaje (figura 19).

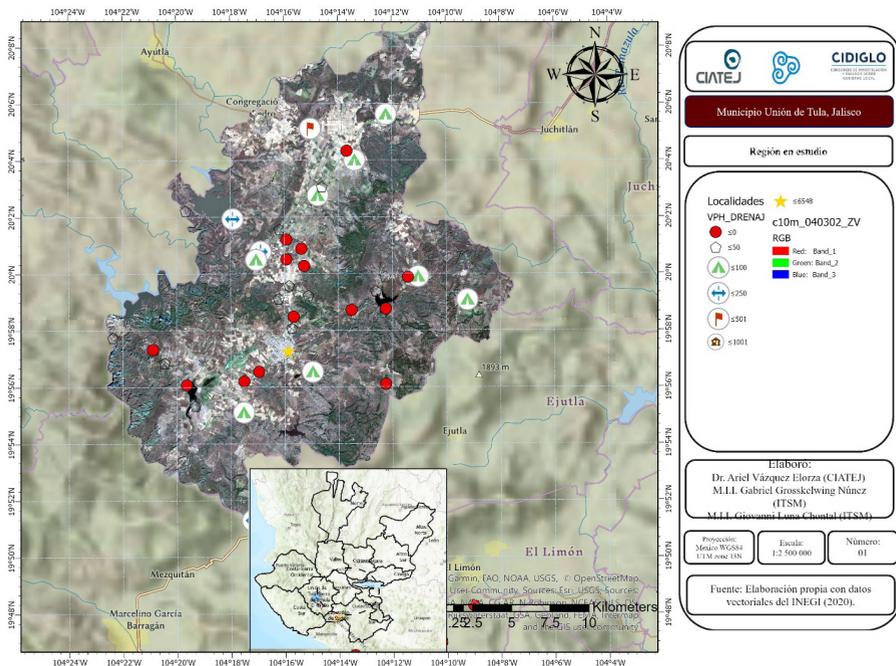


Figura 19: Viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública en localidades de Unión de Tula, Jalisco. Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI, 2020).

En El Grullo existen aproximadamente siete localidades que tienen población de 100 habitantes o más, sobresaliendo precisamente la localidad de la cabecera municipal con 22,738 habitantes según el (INEGI, 2020) (figura 20). En promedio, en estas localidades el 51% corresponde a la población de hombres y 51% a mujeres; no obstante, en el caso de los hombres existe un rango que oscila entre los 43% y 51%; y en el caso de las mujeres es del 49% al 57%.

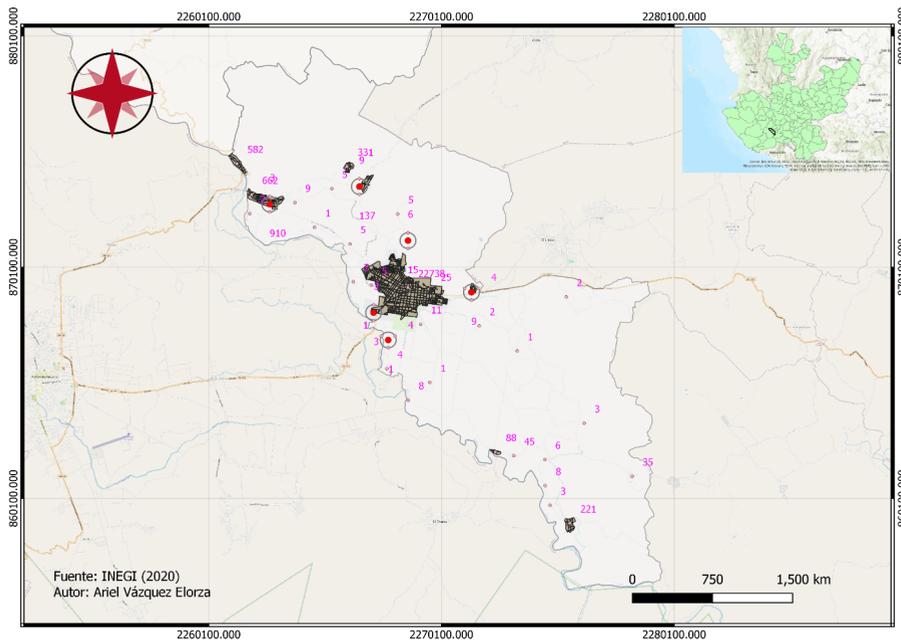


Figura 20: Población total territorial en El Grullo, Jalisco  
Fuente: Elaboración propia con datos del IIEG (2021).

Al relacionar las viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública; una fosa séptica o tanque séptico biodigestor, una tubería que va a dar a una barranca o grieta, río, lago o mar (VPH\_DRENAJ) con las viviendas particulares y colectivas habitadas –que incluye a las viviendas sin información de ocupantes (VIVHAB)–, se obtiene que, en promedio, el 97% tiene drenaje; sin embargo, cuando se comparan con viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivas, incluyendo a las viviendas sin información de ocupantes se obtiene que las localidades en general tienen, en promedio, 66% de viviendas con drenaje con igualdad de condiciones (figura 20).

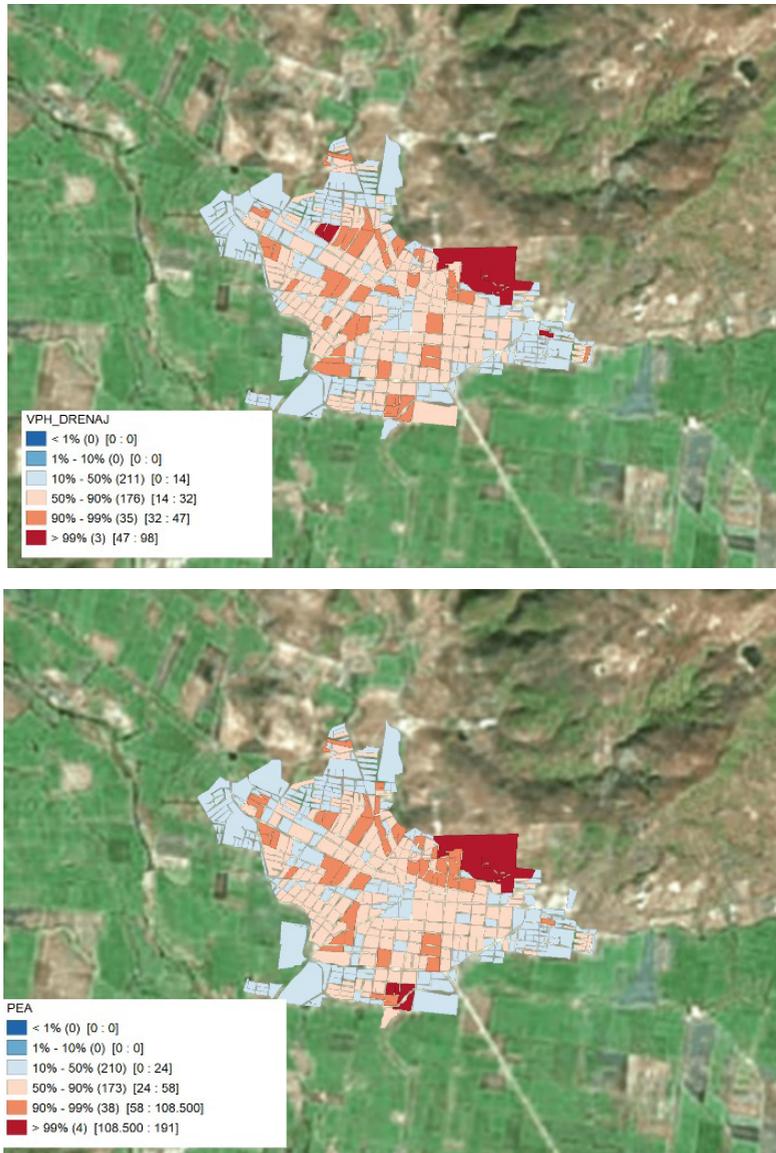


Figura 21: Características en AGEB's en EL Grullo con Drenaje y nivel de PEA

Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI, 2020).

En la figura 21 se muestra la distribución de la PEA en la principal localidad del municipio. De acuerdo con datos oficiales del INEGI (2020) la localidad de El Grullo alcanzaría el 52.0% de la PEA como proporción del total su la población, donde las mujeres alcanzan el 57.7% y los hombres el 42.3%. En el Centro y Noreste se enucntrnan los mayores niveles de los percentiles tanto de la PEA como de las viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública; una fosa séptica o tanque séptico (biodigestor); una tubería que va a dar a una barranca o grieta, río, lago o mar. Al relacionar el total de vivndas habitadas con drenaje de la localidad de El Grullo se obtiene que el 100% cuenta con drenaje; sin embargo, cuando se relaciona con el total de las viviendas en general, se evidencia que sólo el 79% cuenta con drenaje (figura 22).

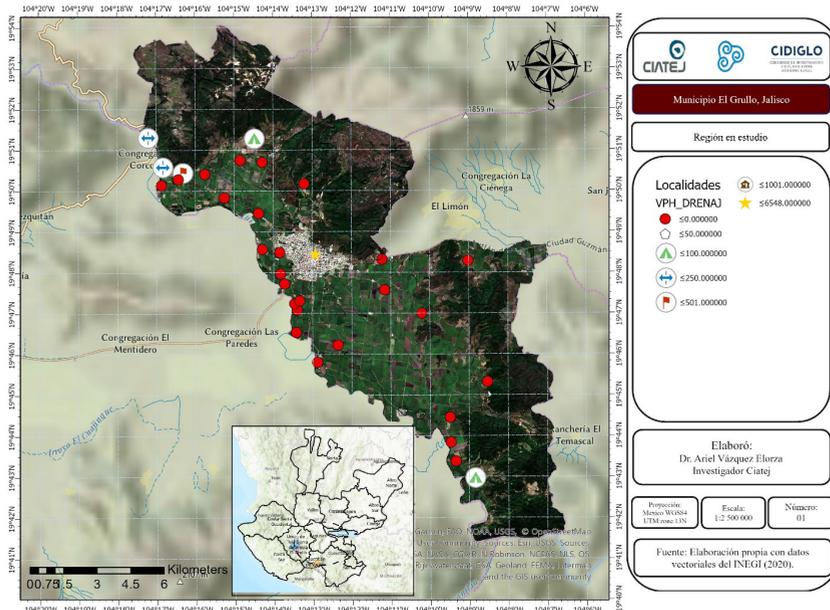


Figura 22: Viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública en localidades de El Grullo, Jalisco.

Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI, 2020).



las viviendas sin información de ocupantes (VIVHAB)–, se obtiene que, en promedio, el 92% tiene drenaje; sin embargo, cuando se comparan con viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivas, incluyendo a las viviendas sin información de ocupantes se obtiene que las localidades en general tienen, en promedio, 64% de viviendas con drenaje con igualdad de condiciones con el municipio antes analizado.

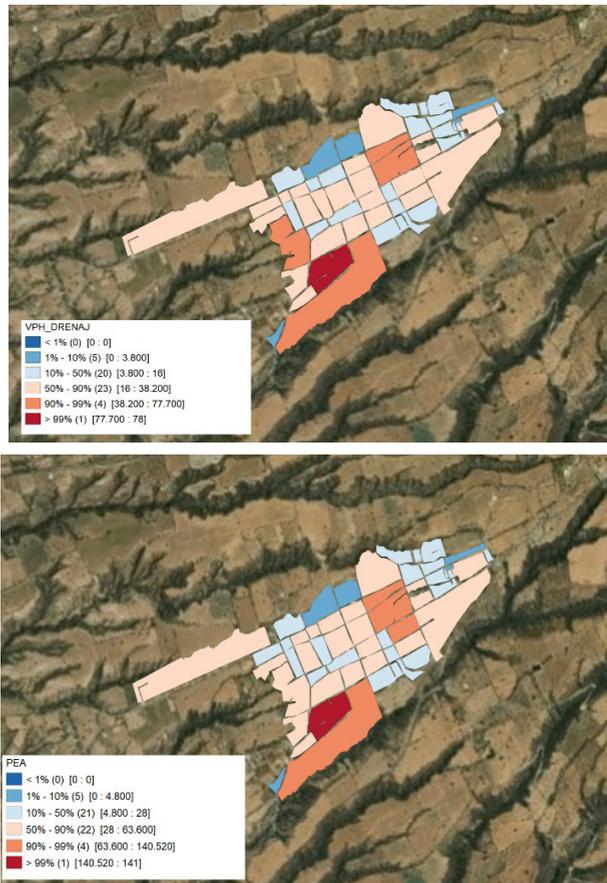


Figura 24: Características en AGEBS en Zapotitlán de Vadillo con Drenaje y nivel de PEA  
Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI, 2020).

En la figura 24 se muestra la distribución de la PEA en la principal localidad del municipio. De acuerdo con datos oficiales del INEGI (2020) la localidad en Zapotitlán de Vadillo alcanzaría el 43.3% de la PEA como proporción del total de su población, donde las mujeres alcanzan el 36.4% y los hombres el 63.6%. En el Centro y Sur se encuentran los mayores niveles de los percentiles tanto de la PEA como de las viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública; una fosa séptica o tanque séptico (biodigestor); una tubería que va a dar a una barranca o grieta, río, lago o mar. Al relacionar el total de viviendas con drenaje con las viviendas habitadas de la localidad de Zapotitlán de Vadillo se obtiene que el 92% de las viviendas en las 12 localidades con 100 habitantes o más cuenta con drenaje; sin embargo, cuando se relaciona con el total de las viviendas en general, se evidencia que sólo el 64% cuenta con drenaje (figura 25).

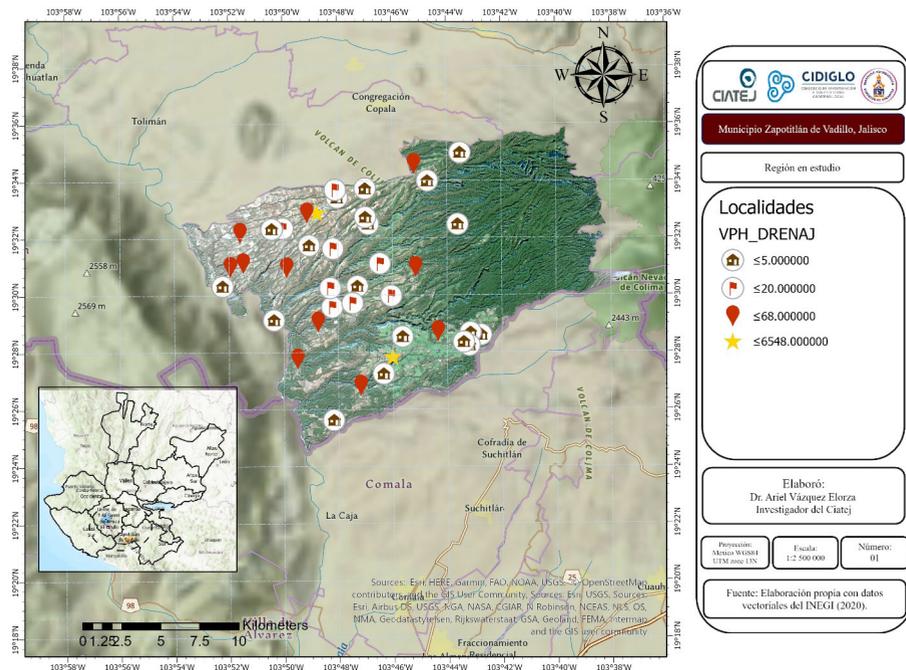


Figura 25: Viviendas particulares habitadas que tienen drenaje conectado a la red pública en localidades de Zapotitlán de Vadillo, Jalisco. Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI, 2020).

## Situación del agua en la región y sus efectos

En esta sección se continúa el estudio hídrico territorial en las regiones Sierra de Amula y Sur incluyendo los análisis sobre la dependencia espacial considerando variables relacionadas con la población económicamente activa, la educación, y el acceso que tienen las personas a la seguridad social y agua fundamentalmente en los territorios. Lo anterior busca corroborar si la problemática del agua ocurre de manera aleatoria o si se trata de un problema relacionado con rasgos comunes entre las localidades.

La dependencia espacial, y en particular de la autocorrelación espacial se ha estudiado con auge importante en los últimos años (Cliff et al., 1981; Getis, 1999; Haining, 1990; Tiefelsdorf, 2006). Esta localización puede ser expresada mediante tres tipos de objetos espaciales: puntos, líneas y polígonos (Anselin, 2001).

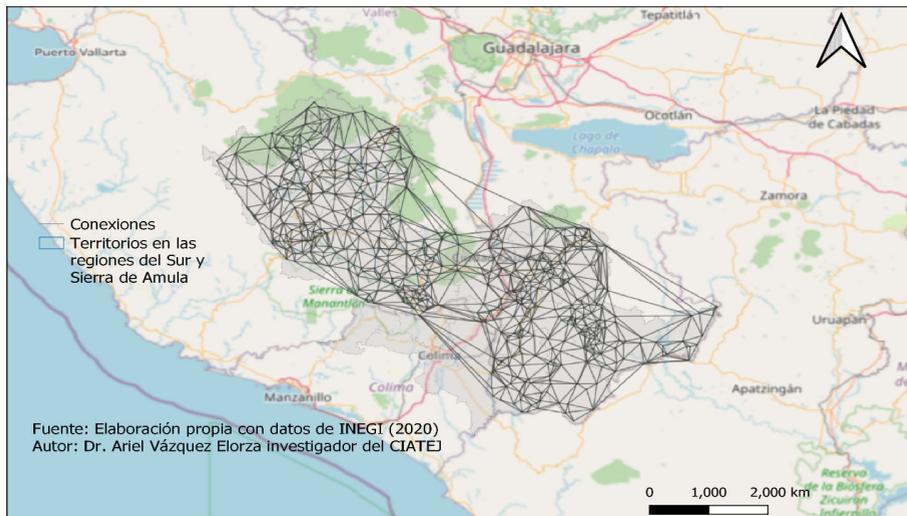


Figura 26: Problemáticas del agua en la Región Sur y Sierra de Amula, Jalisco

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020).

En las regiones, se identificaron 744 localidades que comparten territorios con condiciones de producción agropecuaria vinculantes para el desarrollo regional; además, cada una de las localidades presenta al menos tres vinculaciones muy próximas como mínimo entre territorios y 12 como máximas, el promedio de relacionamientos territoriales entre localidades es de 6 (figura 26). La Región Sur tiene un índice de conectividad de 0.4395 semejante a un grado de conectividad media (Gobierno de Jalisco, 2019), mientras que la Región Sierra de Amula tiene un índice de conectividad de 0.4081 equivalente a un grado de conectividad media (Gobierno de Jalisco, 2018, p. 10).

La inclusión de elementos de análisis sociales multifactoriales y diversidad de problemáticas eco-hídricas y ambientales en los territoriales robustecen los estudios y relacionamientos cualitativos y cuantitativos de fenómenos que se generan entre las localidades y su vinculación, además, se pueden identificar los elementos internos o externos que pueden beneficiar o perjudicar acciones de políticas públicas focalizadas. La geografía socioeconómica de los espacios geográficos en estudio presenta importantes relaciones productivas, económicas, comerciales, e inclusive con municipios del vecino estado de Colima y con espacios cercanos de la zona metropolitana de Jalisco.

### **Consideraciones ambientales: biodiversidad en las regiones en estudio**

Según un informe del Gobierno de Jalisco “Las regiones con mayor presencia de biodiversidad se encuentran en zonas costeras, de climas templados y cálidos subhúmedos, con coberturas donde predominan bosques y selvas” (IEEG, 2021, p. 1). Así mismo, se establece que las regiones que tienen una importante distribución potencial y de registros de especies son Costa-Sierra Occidental, Costa Sur y Región Sur. Además, “En dichas regiones existen 10 Áreas Naturales Protegidas (ANP) de las cuales la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán cuenta con la mayor superficie protegida de la región” (IEEG, 2021, p. 1).

En Jalisco existen 1,131 registros de registros de biodiversidad para flora y fauna. Costa Sur cuenta con 214 (19%), Sur 182 (16%), Costa-Sierra Occidental 178 (16%), Centro 101 (9%), Sierra de Amula 94 (8%), Valles 84 (7%), Lagunas 74 (7%), Sureste 66 (6%), Altos Norte 49 (4%), Norte 33 (3%), Ciénega 32 (3%), Altos Sur 24 (2%). Es importante señalar que los municipios en estudio (Unión de Tula, El Grullo y Zapotitlán de Vadillo) se localizan en las regiones de Sierra de Amula y Sur. Por esta razón, se analizarán estas regiones y posteriormente de manera individual (figura 21).

La biodiversidad es importante en Jalisco, de hecho, existen montañas nevadas, bosques abundantes, selvas de diversos tipos, zonas semidesérticas y el lago más grande de México (Chapala). Al respecto, los municipios de Zapotitlán de Vadillo, Unión de Tula y El Grullo localizados en la región en estudio cuentan con una importante cantidad de biodiversidad como se muestra en la figura 27.

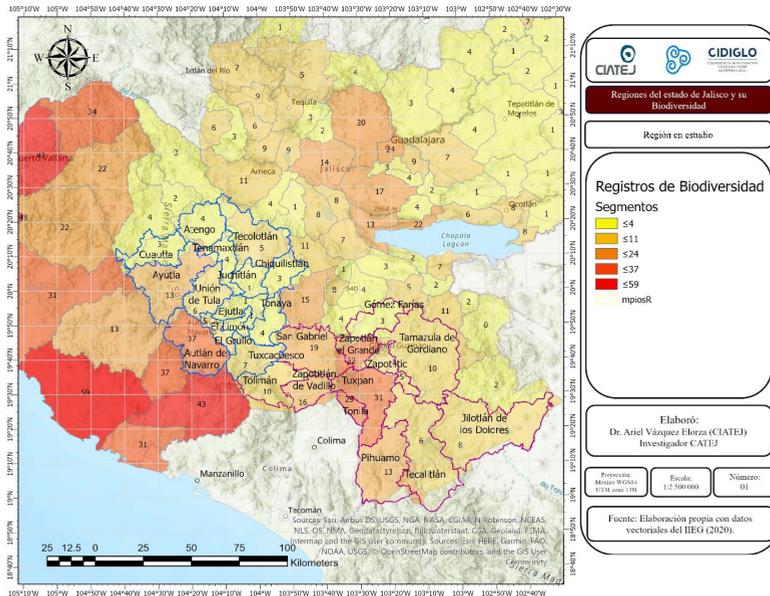


Figura 27: Registros de biodiversidad en los municipios de Jalisco

Fuente: Elaboración propia con datos del IIEG (2021).

A partir de la información vectorial de la carta de uso de suelo y vegetación, serie VI edición 2016 del INEGI, se realizó el análisis sobre la dominancia de usos de suelo en las regiones de Sierra de Amula y Sur para conocer cuáles las coberturas dominantes y la diversidad conforme al índice de Simpson (IIEG, 2016). Se presentan 77 coberturas de usos de suelo y vegetación. Para identificar la dominancia de las coberturas más representativa en ambas regiones en estudio, se realizaron recortes vectoriales desde la base estatal. De esta manera, fue posible evidenciar que existe una heterogeneidad en los territorios sobre coberturas específicas relacionadas al medio ambiente. Para apoyar más a la visualización, se estratificó la dominancia en 5 clústeres bietápicos para revelar cuáles son los patrones en el conjunto de coberturas en la región. Los registros son agrupados en un grupo que tienden ser similares y otros que son distintos entre los grupos (cuadro 14). Los resultados de la diversidad se identifican altos cuando se acercan más a 1, por el contrario, si el valor se acercara más a 0 se tendría una menor diversidad según corresponda.

Cuadro 14: Dominancia de uso de suelo y Vegetación en la Región Sierra de Amula

Tipo	Ha.	pi Abundancia	cluster
Bosque de encino	38,530.14	6.652%	5
Bosque de pino-encino	37,455.88	6.467%	5
Agricultura de temporal anual y permanente	16,544.59	2.857%	4
Agricultura de riego semipermanente	15,569.24	2.688%	4
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	13,589.48	2.346%	4
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	12,002.56	2.072%	4
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	8,954.81	1.546%	4
Selva baja caducifolia	7,958.38	1.374%	3
Bosque de encino-pino	6,805.60	1.175%	3
Pastizal cultivado	5,915.18	1.021%	3
Agricultura de riego anual y semipermanente	5,452.27	0.941%	3
Agricultura de riego anual	5,209.79	0.899%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	5,126.25	0.885%	3
Urbano construido	3,808.10	0.657%	3
Agua	2,094.74	0.362%	3
Bosque mesófilo de montaña	1,955.53	0.338%	3
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	1,675.74	0.289%	3

Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	1,651.62	0.285%	3
Agricultura de temporal permanente	1,606.88	0.277%	3
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	873.09	0.151%	3
Agricultura de humedad anual	838.26	0.145%	3
Vegetación secundaria herbácea de selva baja caducifolia	806.41	0.139%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	665.20	0.115%	3
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de monta	645.17	0.111%	3
Agricultura de riego semipermanente y permanente	524.98	0.091%	3
Bosque de pino	507.65	0.088%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	393.25	0.068%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	330.35	0.057%	3
Bosque de oyamel	302.00	0.052%	3
Vegetación secundaria herbácea de bosque de encino	257.19	0.044%	3
Agricultura de temporal anual y semipermanente	124.70	0.022%	3
Área desprovista de vegetación	115.14	0.020%	3
Agricultura de riego permanente	53.87	0.009%	3
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	72,413.13	12.502%	2
Pastizal inducido	62,871.16	10.855%	2
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	127,449.28	22.005%	1
Agricultura de temporal anual	118,112.88	20.393%	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la IIEG (2021).

Conforme a la clasificación de dominancia en Sierra de Amula, se clasificaron 37 coberturas en cinco estratos considerando la superficie en hectáreas y el porcentaje que representa esta superficie dentro de la región. De este análisis se tiene que, en el estrato 1, existen 2 coberturas de uso de suelo las cuales representan el 22.1% y 20.4% de la superficie (vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y agricultura de temporal anual, respectivamente); en el estrato 2 se tienen dos coberturas que representan el 12.6 y 10.9%, siendo la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y pastizal inducido; 26 coberturas clasificadas como clúster 3 que en total suman 9.7%; en el clúster 4 se tienen 5 usos de suelo y vegetación que suman un 11.6% de superficie del total de la región y en el clúster 5 se localizan dos coberturas que suman el 11.1% correspondientes a bosque de encino y bosque de pino-encino, respectivamente.

En Sierra de Amula el uso de suelo con una mayor dominancia es la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y en segundo lugar

la agricultura de temporal anual, la cual representa un 20.393%, seguida la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con un 12.502%, los cuales también están distribuidos en los municipios de El Grullo y Unión de Tula (figura 28).

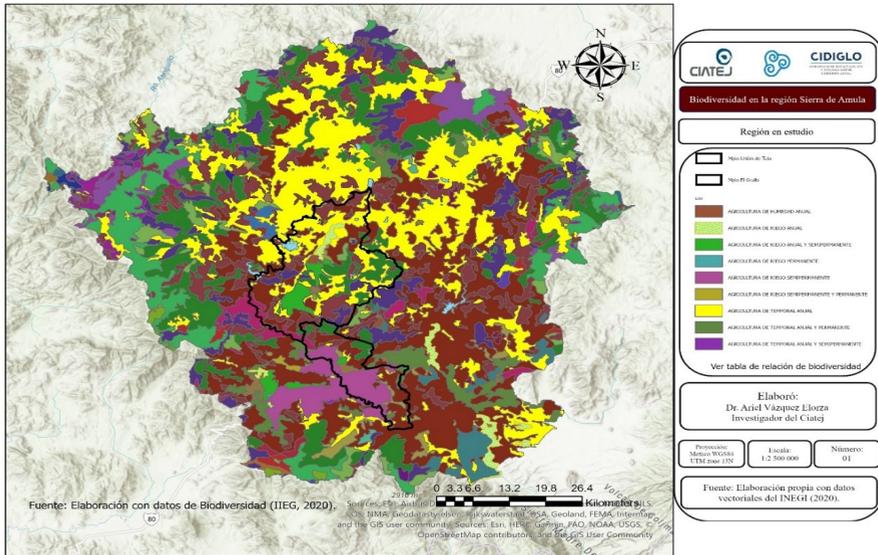


Figura 28: Registros de biodiversidad en Sierra de Amula

Fuente: Elaboración propia con datos del IIEG (2021).

En la categoría del clúster 3 la dominancia la tienen las comunidades vegetales de selva baja caducifolia (1.4%), bosque de encino-pino (1.2), pastizal cultivado (1.0%), agricultura de riego anual y semipermanente (0.9%), agricultura de riego anual (0.9%) y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino (0.9%), principalmente. Respecto a los bosques se encuentran de encino-pino (1.2%), bosque de oyamel (0.1%), bosque de pino (0.1%) y bosque mesófilo de montaña (0.3%). Es importante que estas coberturas se potencialicen e incrementen con mayor dominancia debido a que algunas coberturas presentan una mayor importancia ecológica.

Conforme a la clasificación de dominancia en la región Sur, se clasificaron 45 coberturas en cinco estratos considerando la superficie en hectáreas y el porcentaje que representa esta superficie dentro de la región. De este análisis se tiene que, en el clúster 1, existen dos coberturas de uso de suelo las cuales representan el 17.1% y 13.7% de la superficie (vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, bosque de pino-encino, respectivamente); en el estrato 2 se tiene una cobertura que representa el 9.3% siendo la agricultura de temporal anual; 27 coberturas clasificadas como clúster 3 que en total suman 11.5%; en el clúster 4 se tienen 6 usos de suelo y vegetación que suman un 11.3% de superficie del total de la región y, en el clúster 9 se localizan dos coberturas que suman el 37.1% correspondientes a selva baja caducifolia (4.3%), pastizal cultivado (4.1%), pastizal inducido (3.8%), vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino (3.8%), bosque de pino (3.5%), agricultura de riego semipermanente (3.3%) y agricultura de temporal anual y semipermanente (3.2%) (cuadro 15).

Cuadro 15: Dominancia de Uso de Suelo y Vegetación en la Región Sur

Tipo	Has.	pi Abundancia	cluster
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	46,614	5.760%	5
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	44,405	5.490%	5
Selva baja caducifolia	34,449	4.260%	5
Pastizal cultivado	33,241	4.110%	5
Pastizal inducido	30,823	3.810%	5
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	30,581	3.780%	5
Bosque de pino	28,026	3.460%	5
Agricultura de riego semipermanente	26,338	3.250%	5
Agricultura de temporal anual y semipermanente	25,989	3.210%	5
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	20,755	2.560%	4
Agricultura de riego anual y permanente	19,274	2.380%	4
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	13,985	1.730%	4
Agricultura de riego anual y semipermanente	13,907	1.720%	4
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	13,057	1.610%	4
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	10,315	1.270%	4
Agricultura de riego anual	8,867	1.100%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	8,003	0.990%	3

Bosque mesófilo de montaña	7,118	0.880%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	7,029	0.870%	3
Sabanoide	6,175	0.760%	3
Bosque de encino	6,043	0.750%	3
Urbano construido	5,658	0.700%	3
Bosque de encino-pino	5,282	0.650%	3
Agricultura de riego permanente	4,903	0.610%	3
Agricultura de temporal anual y permanente	4,779	0.590%	3
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	4,313	0.530%	3
Bosque de oyamel	4,131	0.510%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	3,811	0.470%	3
Agua	3,376	0.420%	3
Pradera de alta montaña	2,445	0.300%	3
Selva mediana subcaducifolia	2,442	0.300%	3
Agricultura de temporal semipermanente	1,991	0.250%	3
Agricultura de riego semipermanente y permanente	1,636	0.200%	3
Sin vegetación aparente	930	0.110%	3
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	820	0.100%	3
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	791	0.100%	3
Agricultura de temporal permanente	612	0.080%	3
Tular	530	0.070%	3
Vegetación secundaria herbácea de selva baja caducifolia	494	0.060%	3
Área desprovista de vegetación	286	0.040%	3
Vegetación secundaria herbácea de bosque de pino-encino	239	0.030%	3
Vegetación secundaria herbácea de matorral subtropical	71	0.010%	3
Agricultura de temporal anual	75,018	9.270%	2
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	138,880	17.160%	1
Bosque de pino-encino	110,891	13.700%	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la IIEG (2021).

En Sierra Sur el uso de suelo con una mayor dominancia es la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (al igual que en la región Sierra de Amula) y en segundo lugar el bosque de pino-encino, la cual representa un 13.7%, seguida la agricultura de temporal anual con un 9.3%, los cuales también están distribuidos en Zapotitlán de Vadillo (figura 23).

En la categoría del clúster 3 de dominancia se tienen las comunidades vegetales agricultura de riego anual (1.1%), vegetación secundaria arbórea de bosque de encino (1.0%), bosque mesófilo de montaña (0.9%), vegetación

secundaria arbórea de bosque de encino-pino (0.9%) y sabanoide (0.8%), principalmente. respecto a los bosques se encuentran de bosque de encino (0.8%), bosque de encino-pino (0.7%), bosque de oyamel (0.5%) y bosque mesófilo de montaña (0.9%). de igual manera, es importante que estas coberturas sean de mayor dominancia debido a que algunas coberturas presentan una mayor importancia ecológica.

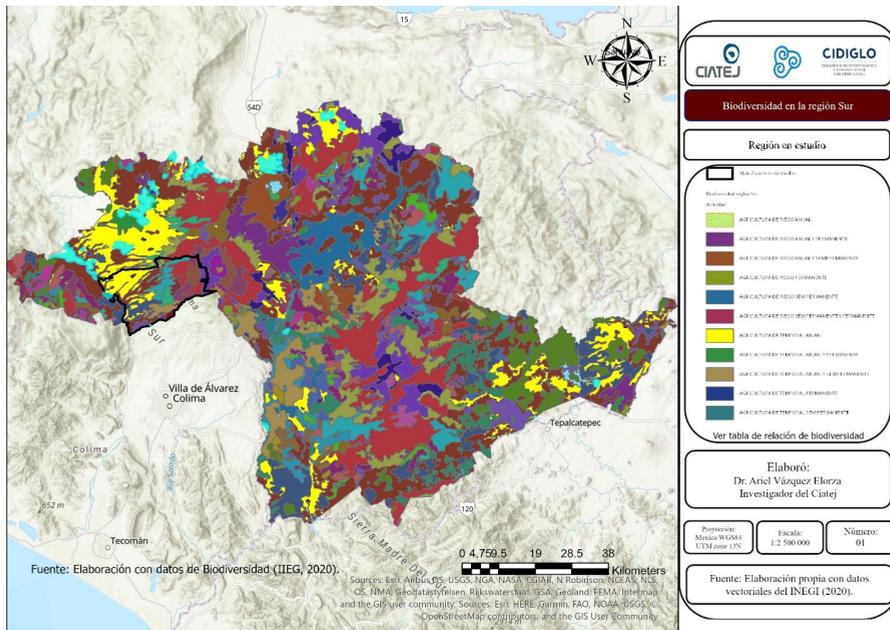
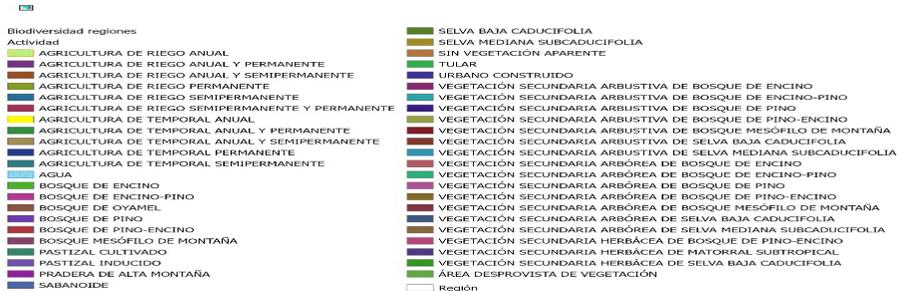


Figura 29: Registros de biodiversidad en el Sur. Fuente: Elaboración propia con datos del IIEG (2021).  
Relación de biodiversidad en las regiones.



Fuente: Elaboración con datos del IIEG (2021).

## **Relaciones del índice de aridez en las regiones**

Young (1998) citado por Bot et al. (2000) señalan que la degradación de la tierra se refiere a la reducción temporal o permanente en la capacidad productiva de la tierra como resultado de las acciones del hombre, se considera que esta es generalizada aunque, en algunos casos son severos. Existen numerosas metodologías que buscan medir y monitorear el balance del agua, aridez y desertificación (Abraham et al., 2006). Por ejemplo: factor pluviómetro de Lang, índices de aridez de Martonne (anual y mensual) y de Martonne y Cottman, cociente ombrotérmico (Emberger), índice de Datín-Revengea, índice de Fournier, índice de Johansson, índice de Gorezynski; índice de ternicidad, entre otros (Bellver & Guardiola, 1989, p. 297).

Dado el interés por matizar espacialmente los problemas de abastecimiento y acceso a recursos hídricos en la región, se considera imprescindible realizar un análisis sobre el nivel de sequía y balance del agua que ayuden a identificar acciones estratégicas para los tomadores de políticas públicas en materia hídrica. Parada & Morales Estupiñán (2005, p. 27) establecen que tanto la sequía como la desertificación “favorecen la pobreza al romper las estructuras sociales y familiares, y provocar inestabilidad económica. Estas restricciones dan lugar a procesos migratorios de magnitud, que son característicos de las zonas áridas, semiáridas y tierras degradadas [...]”. esta evidencia, se encuentra muy relacionada con las características de migración que existen en las regiones en estudio ya que, existe una gran cantidad de viviendas que no son habitadas tal como se evidenció en párrafos anteriores.

Siguiendo a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2007), se entiende como desertificación un “fenómeno muy complejo que se relaciona con el deterioro de los ecosistemas, la reducción del potencial biológico y la pérdida de la productividad del suelo, debido, [...] a las variaciones climáticas y las actividades humanas en las zonas áridas del planeta”. De hecho, la Convención de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) evoluciona constantemente para participar en las acciones que enfrenten este fenómeno a nivel mundial.

Para generar el índice de la aridez fue necesario recurrir a fuentes internacionales de información agro-climatológica provenientes de la página de Global Climate and Weather Data, lo anterior debido a que es conocido la escasez de estaciones climatológicas para desarrollar análisis de estudios climáticos en ciertas regiones del país. No obstante, esta situación no fue un impedimento debido a que a través de información satelital es posible obtener datos y correlacionarlos en los territorios en estudio, en este caso con las variables de clima y temperatura, principalmente.

Es importante señalar que para focalizar los índices de precipitaciones y temperatura se obtuvieron los centroides de las coordenadas para cada uno de los municipios que conforman las dos regiones en estudio (Sierra de Amula y Sur). De esta manera, se genera el Índice de Martonne como una aproximación generalizada territorial. No obstante, es importante señalar que, en cada territorio pueden existir diversas características de altitudes, flora y fauna, que, sin duda, derivarán en heterogeneidad.

Para fines representativos sobre las variaciones del clima entre los municipios, se calcularon las precipitaciones para cada mes de 1961 y 2018 en cada municipio y, posteriormente, el promedio anual. De la misma manera se procedió a calcular la temperatura media mínima y de la temperatura máxima en cada año. En la temperatura media anual se sumaron las temperaturas promedio mínimas y máximas y se dividieron entre dos.

En caso de que el índice mensual de De Martonne se encuentra entre 10 a 20, se considera un mes Semiárido de tipo mediterráneo; si su valor fluctúa entre 20 y 30 corresponde a un mes subhúmedo; y un mes árido es aquel cuyo índice tiene un valor entre 5 y 10. En este estudio se utilizó el índice de aridez (IDM) de De Martonne (1926) que es aplicable localmente (Baltas, 2007):

$$MDI = P/(T+10)$$

Donde: P es la precipitación anual (mm); T - la temperatura media anual del aire (°C). Se utilizan los 12 meses para la aplicación del modelo al análisis de datos mensuales.

Cuadro 16: Intervalos del Índice de Martonne (1926) para clasificación climática

Clasificación IM	Intervalo
(D) Desiertos (hiperárido)	0 a 5
(S) Semidesierto (árido)	5 a 10
(SATM) Semiárido de tipo mediterraneo	10 a 20
(SH) Subhúmeda	20 a 30
(H) Húmeda	30 a 60
(P) Perhúmeda	>60

Fuente: Troyo Diéguez et al. (2014)

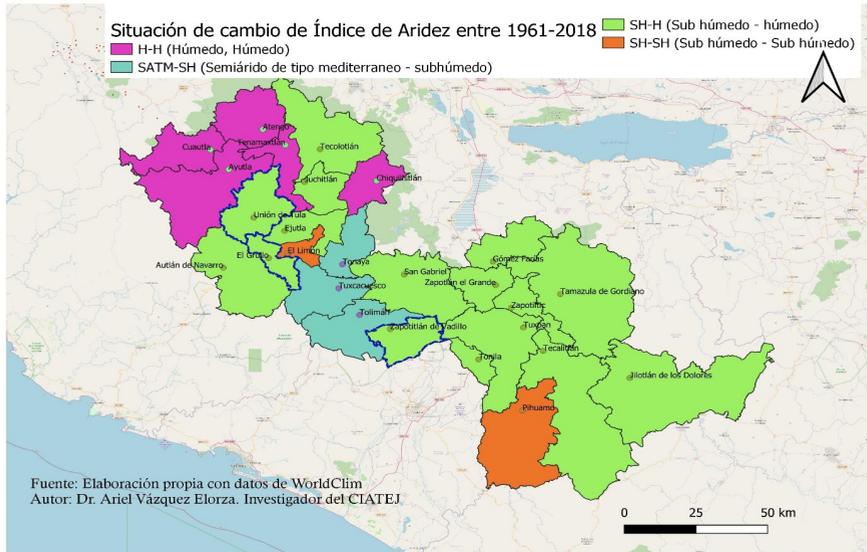


Figura 30: Cambio en el Índice de Aridez entre 1961 y 2018 en los territorios de las regiones Sur y Sierra de Amula, Jalisco

Fuente: Elaboración propia con datos del (INEGI, 2020), Worldclim (2020).

De acuerdo con los gradientes de precipitación y oscilaciones de temperatura, el clima en las regiones de Sierra de Amula y Sur varía del tipo húmedo, subhúmedo al semiárido de tipo mediterráneo (figura 32), cuyos gradientes se expresan y delimitan mediante el Índice de De Martonne (1927), (figura 33a, cuadro 17). En 1961, el índice de aridez (Martonne) con una clasificación de húmeda se ubicó en los municipios de Cuautla (40.3); siguiendo Chiquilistlán (36.5); Tenamaxtlán (35.7); Atengo (31.9); Ayutla (31.4).

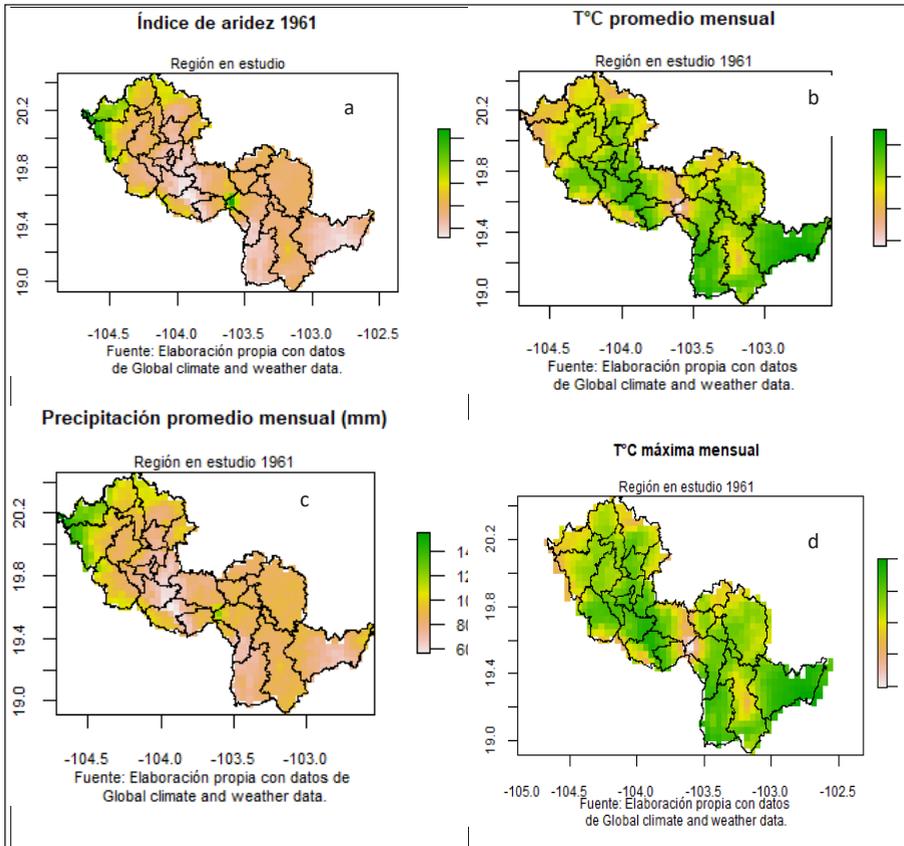


Figura 31: Cambio en el Índice de Aridez entre 1961 y 2018 en los territorios de las regiones Sur y Sierra de Amula, Jalisco

Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

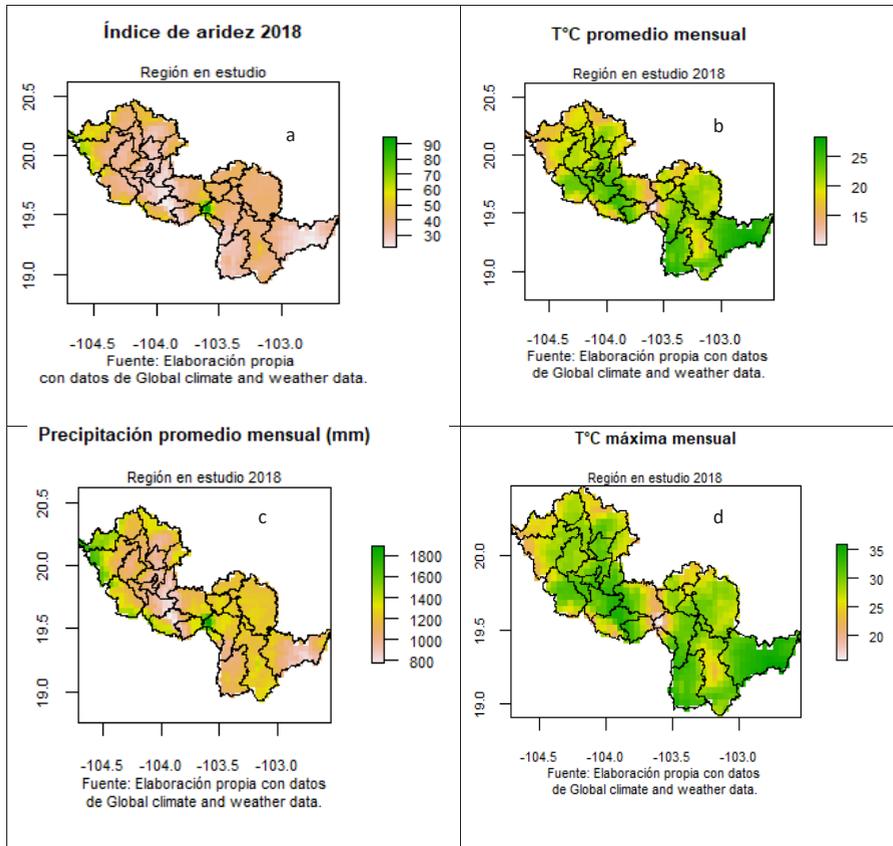


Figura 32: Cambio en el Índice de Aridez entre 1961 y 2018 en los territorios de las regiones Sur y Sierra de Amula, Jalisco

Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En contraste, los territorios con menor intervalo del MDI con un clima subhúmedo corresponderían a los territorios en El Limón (22.6); Pihuamo (20.6); Tonaya (18.4); Tuxcacuesco (17.5) y Tolimán (17.3). Por su parte, los municipios de Unión de Tula, El Grullo y Zapotitlán de Vadillo alcanzarían en 1961 un valor del MDI de 28.1, 25.0 y 32.8, respectivamente.

Más adelante se analizarán específicamente las características de clima y precipitación que han experimentado estos territorios durante las últimas décadas. Cuando se promedió el MDI, respecto al total de los municipios en las dos regiones, se obtiene un índice de 26.98 promedio global, ubicándose al territorio subhúmedo. Es muy importante destacar que, en 2018, el IMD, en general, experimentó un aumento en todos los municipios de las regiones en estudio, aunque, de forma heterogénea (figura 34, cuadro 18) alcanzando, en promedio, un índice de 35.27. El incremento del MDI refleja que es una característica cualitativa del clima de suficiencia en la precipitación calculada a partir del balance hídrico superficial. Sin embargo, esta situación no necesariamente establece un mejoramiento en las condiciones hídricas en general, situación que se abordará en el siguiente apartado para los municipios en estudio.

Cuadro 17: Índice de Aridez 1961-2018 en los municipios de las regiones en estudio

Municipio	Nivel 1961	MDI 1961	Nivel 2018	MDI 2018	Cambio	MDI 1961	MDO 2018
Chiquilistlán	2	36.5	1	47.74	11.23	Húmedo	Húmedo
Cuautla	1	40.33	2	47.07	6.75	Húmedo	Húmedo
Tenamaxtlán	3	35.71	3	42.6	6.89	Húmedo	Húmedo
Zapotlán el Grande	6	29.49	4	41.93	12.44	SubHúmedo	Húmedo
Tonila	7	29.42	5	41.25	11.83	SubHúmedo	Húmedo
Gómez Farías	8	29.14	6	41.19	12.05	SubHúmedo	Húmedo
Autlán de Navarro	9	29.14	7	39.01	9.88	SubHúmedo	Húmedo
Zapotiltic	11	27.96	8	38.89	10.94	SubHúmedo	Húmedo
Tamazula de Gordiano	12	27.48	9	38.1	10.62	SubHúmedo	Húmedo
Tuxpan	13	27.25	10	37.6	10.35	SubHúmedo	Húmedo
Tecalitlán	14	26.79	11	37.28	10.49	SubHúmedo	Húmedo
Atengo	4	31.87	12	36.75	4.88	Húmedo	Húmedo
Ayutla	5	31.35	13	36.62	5.27	Húmedo	Húmedo
Unión de Tula	10	28.13	14	34.8	6.67	SubHúmedo	Húmedo
San Gabriel	16	25.35	15	34.73	9.38	SubHúmedo	Húmedo
El Grullo	18	25	16	32.96	7.96	SubHúmedo	Húmedo
Zapotitlán de Vadillo	20	24.21	17	32.8	8.59	SubHúmedo	Húmedo
Juchitlán	15	26.72	18	32.4	5.69	SubHúmedo	Húmedo

Jilotlán de los Dolores	21	23.81	19	31.84	8.04	SubHúmedo	Húmedo
Ejutla	19	24.5	20	30.84	6.35	SubHúmedo	Húmedo
Tecolotlán	17	25.11	21	30.02	4.91	SubHúmedo	Húmedo
El Limón	22	22.57	22	29.66	7.09	SubHúmedo	
Pihuamo	23	20.55	23	29.02	8.47	SubHúmedo	
Tonaya	24	18.43	24	24.56	6.13	Semi árido tipo mediterrane	
Tuxcacuesco	25	17.49	25	24.03	6.54	Semi árido tipo mediterrane	
Tolimán	26	17.29	26	23.48	6.18	Semi árido tipo mediterrane	

Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Con la finalidad de contextualizar la variabilidad de los indicadores de temperatura y precipitación en los municipios en estudio, se presenta a continuación sus principales características.

### **Principales variables agroclimáticas y relaciones con la producción agrícola en las regiones en estudio**

#### *El Grullo*

Mientras el MDI refleja una característica sobre el clima de suficiencia en la precipitación calculada a partir del balance hídrico superficial, se evidencia que durante las últimas décadas El Grullo ha experimentado un crecimiento muy importante en la temperatura máxima durante los últimos 120 años (figura 35). Si bien, esta localidad ha migrado desde una condición de aridez con índice de subhúmedo (1961) a húmedo (2018) los niveles de temperatura máxima aumentaron en 7.20% de 1901 a 2020, esto es, 2.03°C con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 0.06% anual entre los años de 1900 al 2020. Hay que puntualizar que, en los primeros 50 años del siglo pasado se observó un incremento de 1.24°C con una TCMA de 0.09%; y del año 1951 al 2020 se observó un aumento promedio de 0.66°C con una TCMA de

0.03%. Sin duda, esta realidad genera cambios y, problemáticas importantes sobre la estructura productiva en todos los cultivos estratégicos de la región.

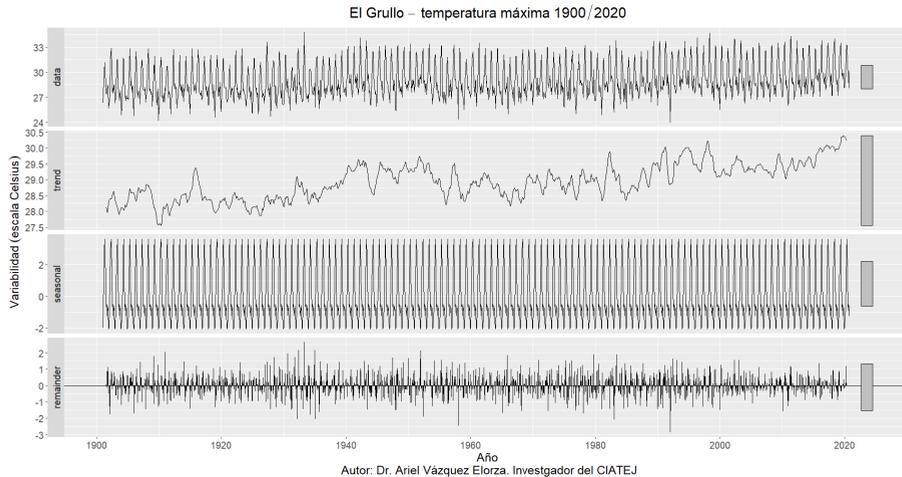


Figura 33: Variabilidad de la temperatura máxima en El Grullo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En la figura 36 se observa la variabilidad de la temperatura máxima registrada durante 1900/2020 en El Grullo teniendo un importante rango de crecimiento entre los meses de abril y junio, en general. En contraste, los meses con menores temperaturas máximas se ubicaron entre enero y diciembre. Esta realidad evidencia un importante cambio en el clima de la región. En el mes de enero, la temperatura máxima (promedio) con menores niveles registrados en los últimos 120 años se ubica en el año de 1992 (24°C), en contraste, la más alta temperatura máxima se encuentra en 1952 con 29.7°C.

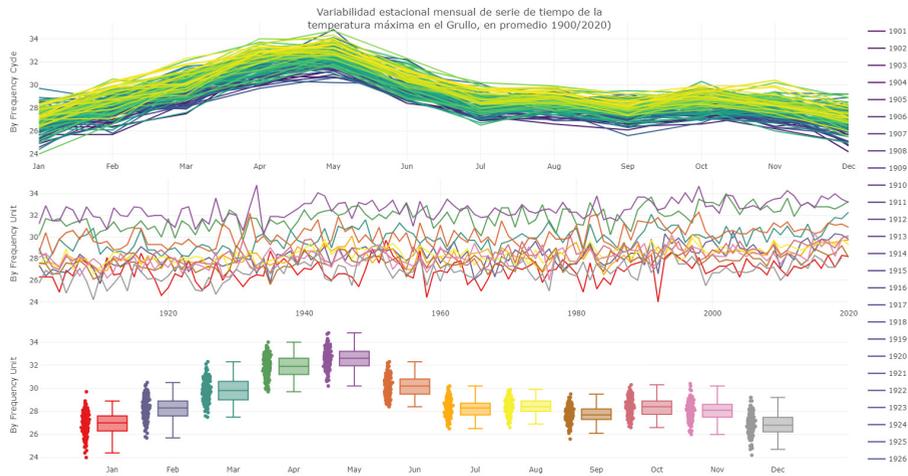


Figura 34: Variabilidad de la temperatura máxima mensual en El Grullo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Por otra parte, la temperatura máxima del mes de diciembre con menor intensidad registrada se ubicó en 1909 (24.2°C) y la mayor en 1951 (29.2°C). Sin embargo, en el transcurrir de los años sí existe un cambio de temperatura máxima al alza, a saber, entre los meses de 1961 y 2020 los cambios de temperatura máxima fueron: enero de 26.3°C para 1961 y 28.2°C en 2020; febrero 27.4°C, 29.8°C; marzo 29°C, 32.3°C; abril 30.1°C, 33.3°C; mayo 31.2°C, 33.2°C; junio 28.6°C, 30.9°C; julio 27.5°C, 29.7°C; agosto 27.4°C, 29.3°C; septiembre 27.6°C, 28.1°C; octubre 28.5°C, 30.1°C; noviembre 28.1°C, 29.6°C; diciembre 25.7°C, 27.2°C. Sin duda, los cultivos agropecuarios, y situación hídrica han tenido importantes repercusiones en la vida de la sociedad en su conjunto, lo cual, conlleva a realizar una estrategia de prospección y planeación para el corto y mediano plazo mediante el diseño de políticas públicas para enfrentar la realidad. Por su parte, en la figura 37 se evidencia que, en El Grullo, ha predominado también un incremento sobre la temperatura mínima de al menos 8.85% entre 1900 y 2020, esto es, 1.21°C con una TCMA de 0.07% entre 1900 al 2020.

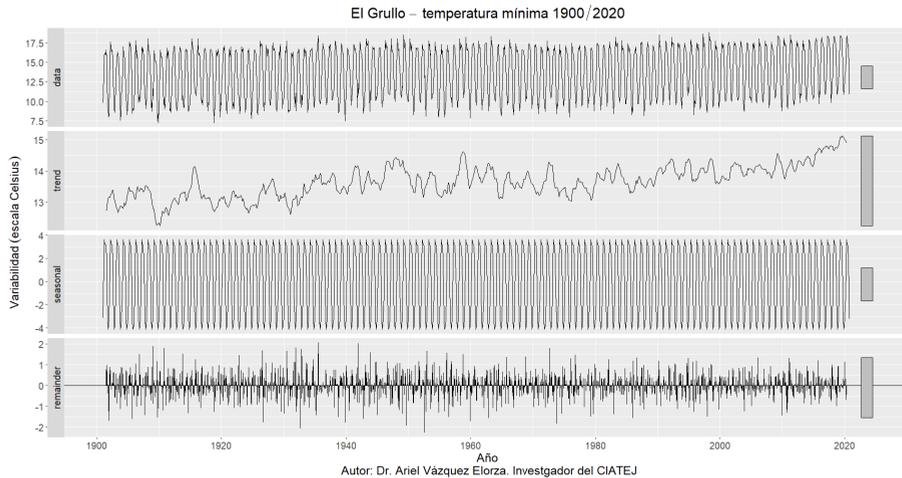


Figura 35: Variabilidad de la temperatura mínima en El Grullo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En el mes de enero, la temperatura mínima (promedio) registrada con menores niveles en los últimos 120 años se ubica en el año de 1919 (7.3°C), en contraste, la temperatura mínima con mayores niveles se encuentra en 1998 con 18.8°C. Por otra parte, la temperatura máxima del mes de diciembre con menor intensidad registrada se ubicó en 1909 (7.5°C) y, la mayor en 1958 con (12.9°C). Al igual que la temperatura máxima, la mínima ha sufrido importantes cambios durante los últimos 120 años: entre los meses de 1961 y 2020 los cambios de temperatura mínima fueron: marzo de 9.80°C para 1961 a 13°C en 2020; abril 10.9°C, 14.1°C; mayo 13.6°C, 15.5°C; junio 15.8°C, 18.1°C; julio 16.2°C, 18.4°C; agosto 15.9°C, 17.7°C; septiembre 16.6°C, 17.1°C; octubre 16.6°C, 17.1°C; noviembre 12.7°C, 14.1°C; diciembre 9.4°C, 10.9°C (figura 38).

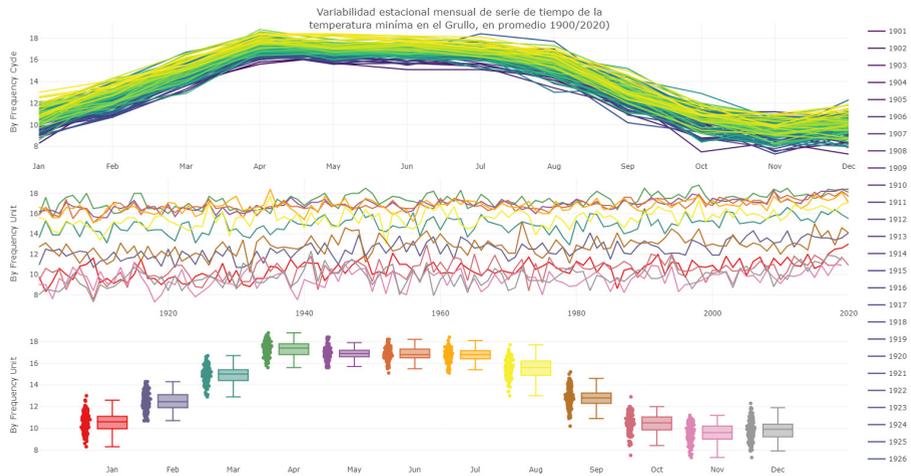


Figura 36: Variabilidad de la temperatura mínima mensual en El Grullo 1900-2020

Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Sin embargo, lo más preocupante es que las precipitaciones únicamente han mantenido un incremento de 2.04% de enero 1901 a diciembre de 2020, lo que representa una cantidad de tan solo 15.40 mm, esto es una TCMA de 0.02% en 120 años. Sin duda es un verdadero reto para la obtención de agua en los cultivos. En los primeros 50 años del siglo pasado experimentó un decremento en las precipitaciones pasando de 756.4 mm a 715 mm con una TCMA de -0.11%; continuando durante el año 1951 al 2020 con una reducción de la TCMA -0.16%. Estos cambios climáticos han repercutido de forma importante en el rendimiento de los cultivos, principalmente aquellos con sistemas de producción de temporal.

En la figura 39 se evidencia que, en El Grullo, ha predominado un estancamiento de la precipitación durante las últimas décadas. Particularmente, se observa en el eje de la tendencia picos muy importantes durante meses de la década de los 70's y 90's, principalmente. Asimismo, se

reconoce que la tendencia promedio durante las últimas décadas presenta oscilaciones de aumento y retroceso (picos y valles); no obstante, no refleja ningún incremento trascendental en la localidad de El Grullo. Sin duda, esta realidad genera incertidumbre en la población para el acceso del recurso hídrico de una demanda cada día más alta y, sobre todo, para mantener las producciones agropecuarias de la región con menores costos por el acceso a este importante recurso limitado.

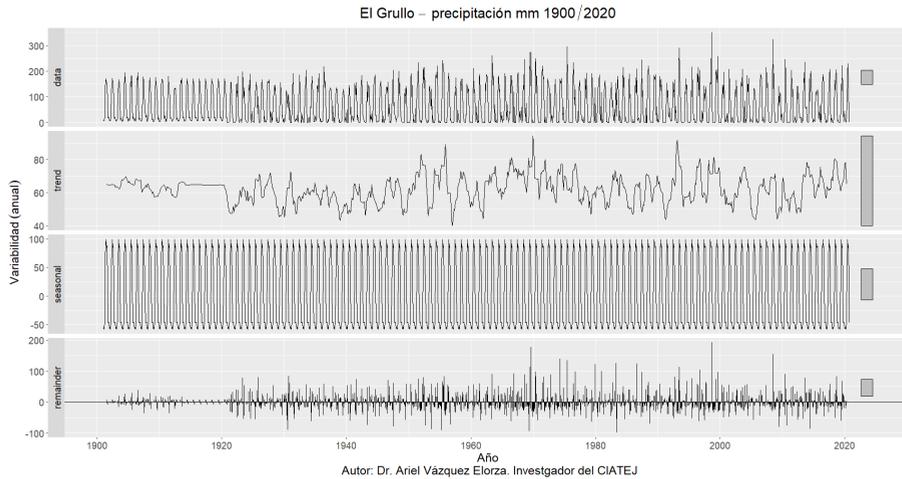


Figura 37: Variabilidad de la precipitación (mm) en El Grullo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Por otra parte, de los 1,440 registros mensuales que se registraron para el análisis climatológico de Worldclim (2020) en la localidad de El Grullo, se evidencia que existen 125 meses que presentan cero cantidades de precipitaciones (mm), 702 con cantidades entre los 0.10 mm hasta los 49.9 mm y, 602 con cantidades entre 50 mm hasta 350.8 mm. En general, el 30% de los registros mensuales en los años de estudio presentan niveles de precipitaciones mayores a los 100 mm (aproximadamente 445 registros del total analizado). Por otro lado, las cantidades con mayor relevancia en cantidad se encuentran entre los meses de septiembre de 1998 con 350.8 mm;

seguido de julio de 2008 (322.39 mm) y julio de 1975 (295.7 mm). Cuando se genera el promedio mensual por año entre 1900 hasta 2020 se obtiene que, durante los últimos 120 años la precipitación ha sido de 62.12 mm (figura 40).

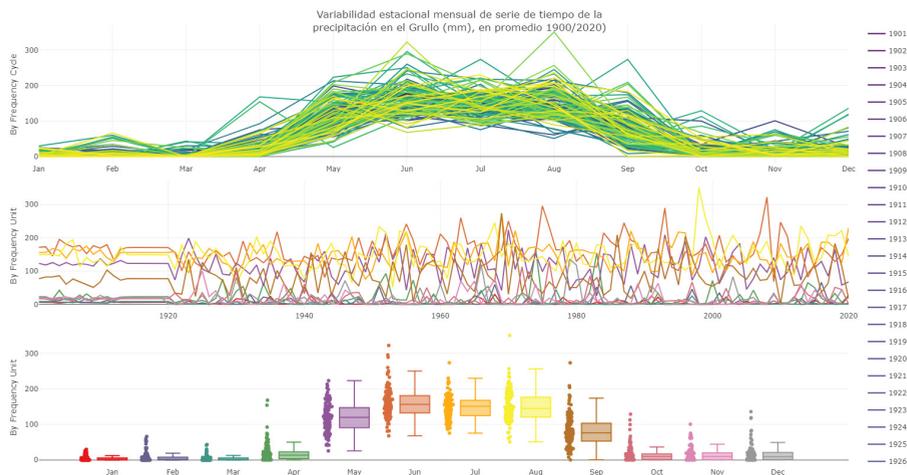


Figura 38: Variabilidad de la precipitación (mm) en El Grullo 1900-2020

Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Con la finalidad de correlacionar el clima con el rendimiento de los cultivos agrícolas de El Grullo (alfalfa verde, calabacita, camote, caña de azúcar, cebolla, chile verde, cilantro, ciruela, col repollo, elote, frijol, limón, maíz grano, melón, naranja, pastos y praderas, pepino, pitaya, sandía, semilla de caña de azúcar, sorgo grano, tamarindo, tomate rojo jitomate, tomate verde y zarzamora) se procedió a obtener la información de la SADER-SIAP (2020) correspondiente al periodo de 2003 a 2020 y generar el coeficiente de correlación parcial y semiparcial del rendimiento con las variables climáticas de temperatura máxima, mínima y nivel de precipitaciones de cada cultivo registrado después de eliminar el efectos de todas las demás. Las correlaciones al cuadrado y la significancia estadística correspondiente se reportan en el cuadro 19. Es importante resaltar que las correlaciones son altamente significativas entre el rendimiento de cada

cultivo y el nivel de temperatura máxima y mínima. Por ejemplo, en el caso de la temperatura máxima existe una correlación negativa, es decir, a medida que se incrementa esta temperatura el rendimiento tiende a reducirse, en promedio; en contraste, la temperatura mínima presenta una correlación positiva, a medida que esta temperatura aumenta su escala, el rendimiento de los cultivos también aumenta.

Cuadro 18: Correlaciones parciales y semi parciales de rendimiento y clima con cultivos agrícolas en El Grullo

Variable	Parcial corr.	Semiparcial corr.	Parcial corr.^2	Semiparcial corr.^2	Significancia Valor
Tem. Máx	-0.135	-0.1	0.0182	0.018	0.028
Tem. Mín	0.1487	0.15	0.0221	0.0219	0.0154
Precipitaciones	0.0739	0.07	0.0055	0.0053	0.2303

Fuente: Elaboración propia con datos de SADER-SIAP (2020), Worldclim (2020).

Entre los principales cultivos con mayor relevancia en El Grullo, se encuentran el elote, maíz grano, agave y caña de azúcar, entre otros. En la figura 41 se muestran los precios (reales) y valor de la producción de cada uno de ellos. De los cultivos que aportan mayores cantidades de recursos agrícolas, en orden de importancia son: caña de azúcar que en 2020 se reportó una cantidad de 158,687,792 (precios reales defalctados con el INPC Base=100, segunda quincena de julio de 2018, BANXICO, 2020); le sigue agave (67,064,976), elote (38,956,640), maíz grano (13,910,390), tomate rojo (5,897,216), pepino (1,168,947), calabacita (420,387), limón (245,305), alfalfa verde (180,536), sorgo grano (175,992).

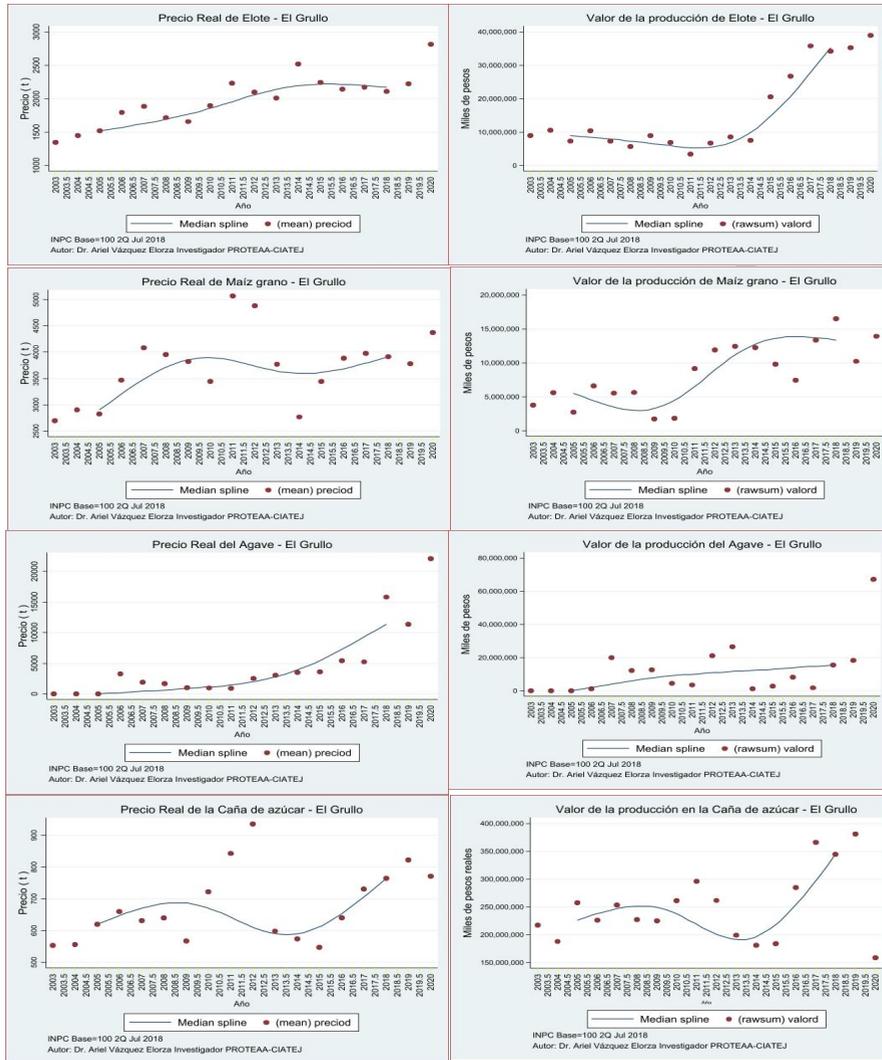


Figura 39: Precio y valor de la producción de cultivos estratégicos en El Grullo 2003/2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de SADER-SIAP.

### Zapotitlán de Vadillo

La localidad de Zapotitlán de Vadillo ha experimentado un crecimiento muy importante en la temperatura máxima durante los últimos 120 años (figura 42). Si bien, esta localidad ha migrado desde una condición de aridez con índice de subhúmedo (1961) a húmedo (2018) los niveles de temperatura máxima aumentaron en 8.18% de 1901 a 2020, esto es, 2.20°C con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 0.07% anual entre los años de 1900 al 2020. Hay que puntualizar que, en los primeros 50 años del siglo pasado se observó un incremento de 1.99°C con una TCMA de 0.07%; y del año 1951 al 2020 se observó un aumento promedio de 1.09°C con una TCMA de 0.05%. Sin duda, de igual forma esta realidad repercute sobremanera en las condiciones de producción primaria e incrementa las necesidades de sistemas alternos para capturar agua y satisfacer las necesidades en tanto en la sociedad como para la estructura productiva en los cultivos estratégicos de la región.

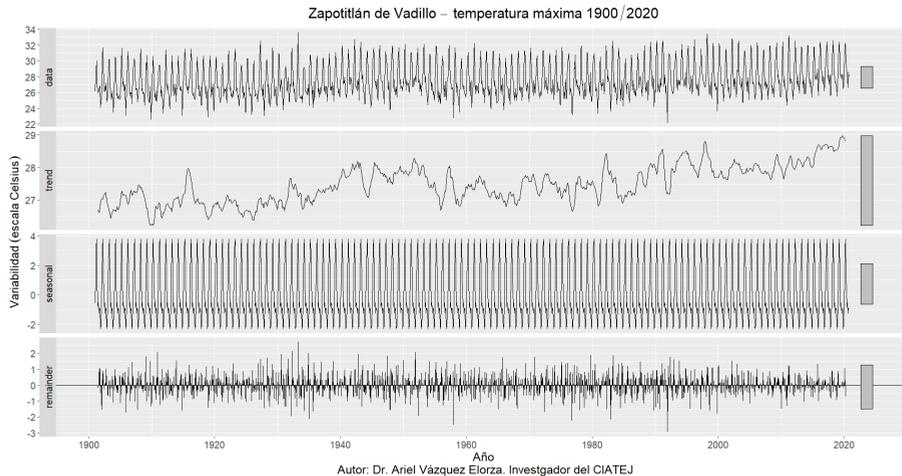


Figura 40: Variabilidad de la temperatura máxima en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En la figura 43 se observa la variabilidad de la temperatura máxima registrada durante 1900/2020 en Zapotitlán de Vadillo generándose un importante rango de crecimiento entre los meses de febrero a marzo, en general. En contraste, los meses con menores temperaturas máximas se ubicaron entre noviembre y diciembre. Esta realidad evidencia un importante desafío ante los embates del cambio en el clima de la región. En el mes de enero, la temperatura máxima (promedio) con menores niveles registrados en los últimos 120 años se ubica en el año de 1992 (22.2°C), en contraste, la más alta temperatura máxima se encuentra en 1952 con 28.1°C. Por otra parte, la temperatura máxima del mes de diciembre con menor intensidad registrada se ubicó en 1909 (22.6°C) y, la mayor en 1942 con (27.7°C).

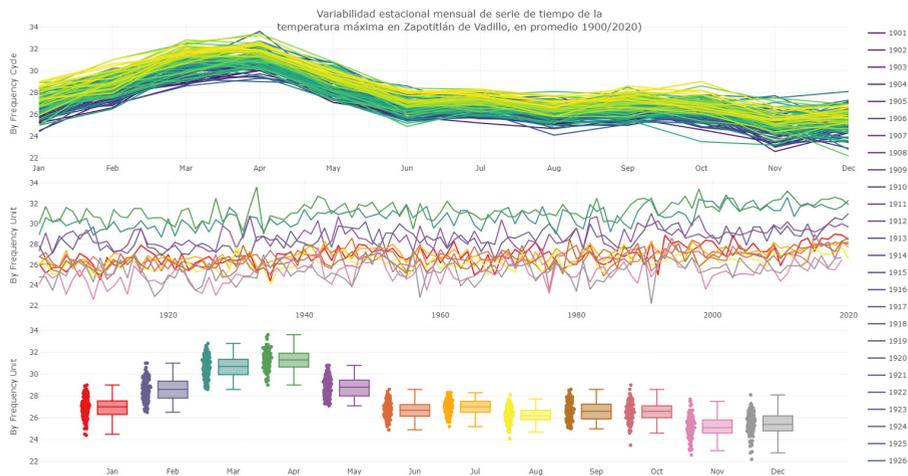


Figura 41: Variabilidad de la temperatura máxima mensual en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En la evolución de los años, la temperatura máxima ha experimentado un cambio de temperatura al alza, a saber, entre los meses de 1961 y 2020 los cambios de temperatura máxima fueron: febrero de 26.1°C para 1961 y 28.5°C en 2020; marzo 27.9°C, 31.0°C; abril 28.9°C, 32.3°C; mayo 30.0°C,

31.9°C; junio 27.3°C, 29.7°C; julio 26.0°C, 28.2°C; agosto 26.0°C, 27.7°C; septiembre 26.2°C, 26.6°C; octubre 26.8°C, 28.6°C. En promedio, durante los últimos 120 años, la localidad ha experimentado un cambio drástico al pasar de 26.9°C hasta 29.1°C (1900-2020). Esta realidad establece la evidencia que, a medida que transcurre el tiempo, los cultivos agropecuarios y la disponibilidad hídrica tendrán importantes repercusiones en la vida de la sociedad y en el sector primario fundamentalmente. Por esta razón, se requiere que los gobiernos locales comiencen a diseñar estrategias y planeación del diseño de políticas públicas para enfrentar no sólo los efectos negativos, sino también para generar alternativas y acciones para incrementar la infraestructura e instituciones que potencien la captura del agua y el uso eficiente con la que dispongan.

Por su parte, en la figura 44 se evidencia que, en Zapotitlán de Vadillo, ha predominado también un incremento muy relevante sobre la temperatura mínima de al menos 8.57% entre 1900 y 2020, esto es, 1.07°C con una TCMA de 0.07% entre 1900 al 2020.

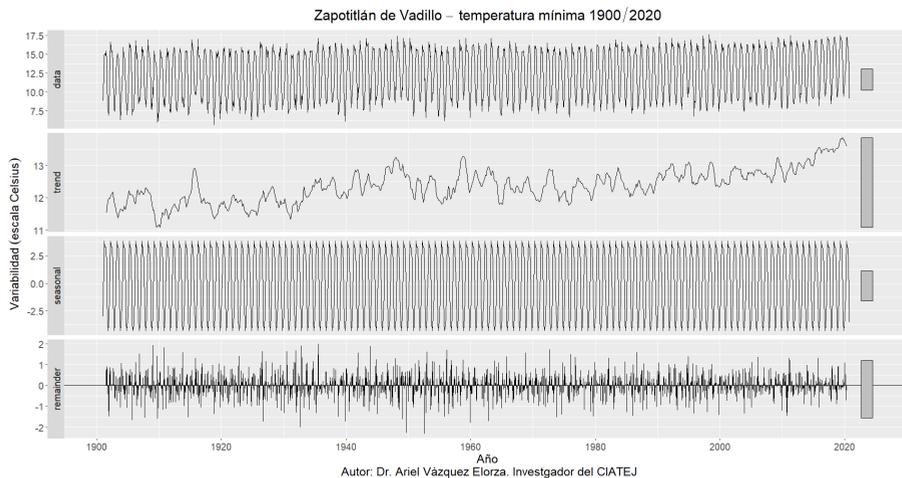


Figura 42: Variabilidad de la temperatura mínima en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En el mes de enero, la temperatura mínima (promedio) registrada con menores niveles en los últimos 120 años se ubica en el año de 1919 (5.7°C), en contraste, la temperatura mínima más alta se encuentra en 1916 con 9.9°C. Por otra parte, la temperatura máxima del mes de diciembre con menor intensidad registrada se ubicó en 1909 (6.0°C) y, la mayor en 1958 con (11.0°C). Al igual que la temperatura máxima, la mínima ha sufrido importantes variaciones al alza durante los últimos 120 años a saber, entre los meses de 1961 y 2020 los cambios de temperatura mínima fueron: marzo de 8.8°C para 1961 a 11.8°C en 2020; abril 9.6°C, 13.1°C; mayo 12.6°C, 14.4°C; junio 14.8°C, 17.2°C; julio 15.1°C, 17.2°C; agosto 14.8°C, 16.3°C; septiembre 15.4°C, 15.6°C; octubre 14.1°C, 15.6°C; noviembre 11.5°C, 12.6°C; diciembre 7.9°C, 9.1°C (figura 45).

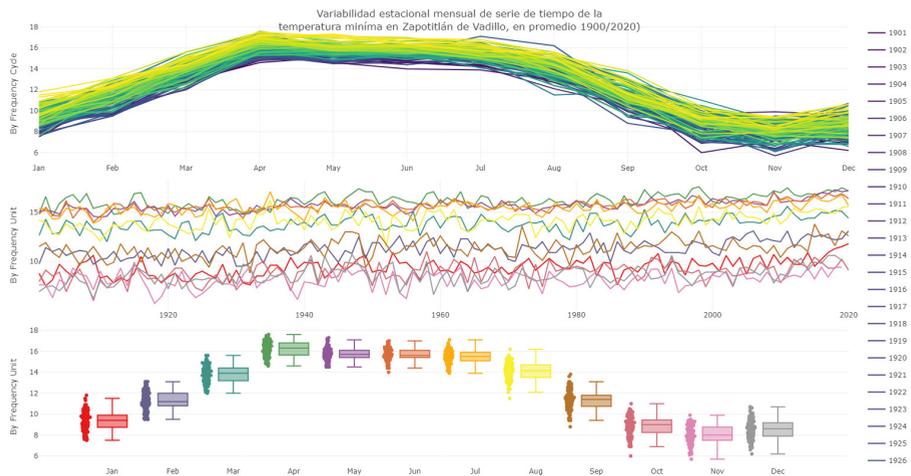


Figura 43: Variabilidad de la temperatura mínima mensual en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Sin duda, lo más alarmante en Zapotitlán de Vadillo son las reducciones en las precipitaciones que alcanzaron un decremento entre 1901 a 2020 representando una TCMA negativa promedio, cuyas cantidades

son de -21.79 mm. Esta realidad genera un verdadero desafío no solo para la población de Zapotitlán de Vadillo para abastecer su demanda de agua, sino, además, para incluir acciones de política agropecuaria que aumenten la eficiencia en los riegos de los cultivos agropecuarios y ecosistemas de la región.

Por su parte, en la figura 46 se evidencia que, en Zapotitlán de Vadillo ha predominado un estancamiento de la precipitación durante las últimas décadas. Particularmente, se observa en el eje de la tendencia que los picos muy importantes se generaron durante las décadas 70's y 90's, principalmente. Asimismo, se subraya que la tendencia promedio durante 2005, 2009 y 2012 muestran oscilaciones de retroceso muy importantes; además, aunque refleja incremento trascendental en la localidad en 2012 se mantiene en los niveles promedio de inicios del siglo pasado. Esta situación genera incertidumbre en la población y sector agropecuario por satisfacer la demanda acelerada del vital líquido y, sobre todo, para aumentar las producciones agropecuarias de la región en condiciones de temporal.

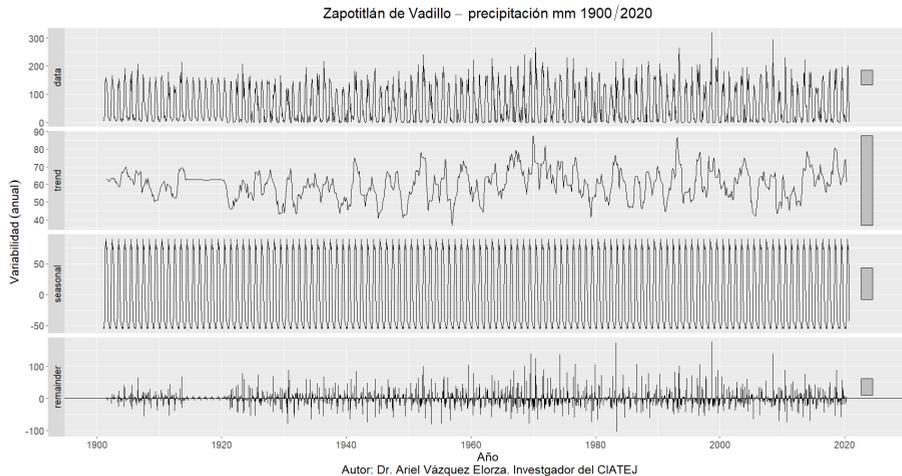


Figura 44: Variabilidad de la precipitación (mm) en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En la figura 47 se aprecia que los meses con indicadores de mayor frecuencia de precipitaciones, en promedio, se encuentran en los meses de junio, julio y agosto, y en menor medida en mayo y agosto. Definitivamente, en el primer trimestre del año la localidad no cuenta con importantes precipitaciones, así como en el último trimestre de cada año.

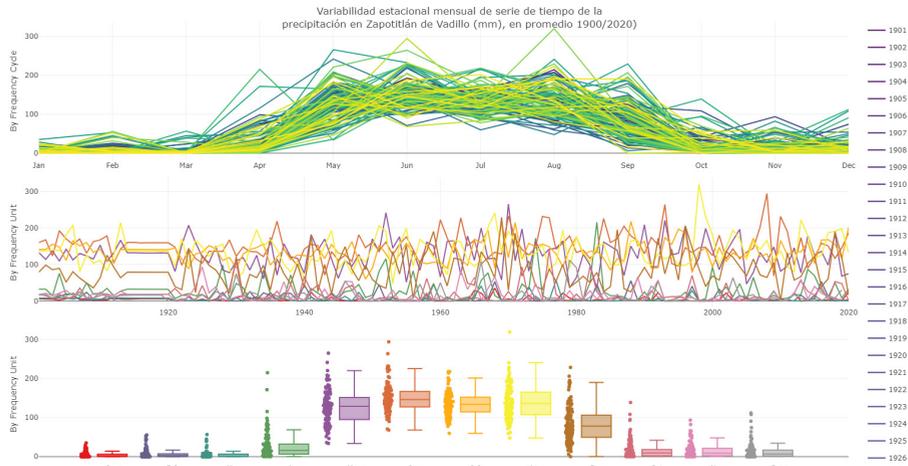


Figura 45: Variabilidad de la precipitación (mm) en Zapotitlán de Vadillo 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Con la finalidad de correlacionar el clima con el rendimiento de los cultivos agrícolas en Zapotitlán de Vadillo se procedió a obtener la información de producción agropecuaria de la SADER-SIAP (2020) correspondiente al periodo 2003-2020 y, generar el coeficiente de correlación parcial y semiparcial del rendimiento con las variables climáticas de temperatura máxima, mínima y nivel de precipitaciones. En este caso, se eligieron dos cultivos de la región, que son: pastos-praderas y guayaba (este último presenta registros únicamente entre 2007 al 2010, por esta razón se eligió para correlacionar las variables e identificar los patrones de las relaciones).

Las correlaciones al cuadrado y la significancia estadística correspondiente se reportan en el cuadro 20. Es importante resaltar que las correlaciones son altamente significativas entre el rendimiento de pastos y praderas con el nivel de precipitaciones y en menor medida con la temperatura máxima. Por ejemplo, en el caso de la temperatura máxima existe una correlación negativa, es decir, a medida que se incrementa esta temperatura el rendimiento tiende a reducirse, en promedio; al mismo tiempo, cuando las precipitaciones se reducen en la localidad se presenta una correlación negativa, es decir, la producción de pastos y praderas se reducen. Las correlaciones son de -0.50 y -0.55 con un nivel de significancias estadísticas de 0.04 y 0.06 respectivamente. En el caso del cultivo de la guayaba cuando existieron registros de producción (2007-2010) la temperatura máxima presentó una correlación positiva, es decir, a medida que se incrementaba la temperatura el rendimiento tendió a aumentar, en promedio; al mismo tiempo, cuando las precipitaciones se aumentaban en la localidad se presentó una correlación positiva.

Cuadro 19: Correlaciones parciales y semi parciales de rendimiento y clima con cultivos de Zapotitlán de Vadillo

Cultivo	Variable	Parcial corr.	Semiparcial corr.	Parcial corr.^2	Semiparcial corr.^2	Significancia Valor
Pastos y Praderas	PTemMax	-0.505	-0.409	0.255	0.167	0.065
	PTemin	0.428	0.331	0.183	0.110	0.126
	SumPrecip	-0.550	-0.461	0.303	0.212	0.041
Guayaba	PTemMax	0.924	0.507	0.853	0.257	0.025
	PTemin	-0.903	-0.443	0.816	0.197	0.036
	SumPrecip	0.892	0.415	0.796	0.172	0.042

Fuente: Elaboración propia con datos de SADER-SIAP (2020), Worldclim (2020).

Entre los principales cultivos estratégicos con mayor relevancia en Zapotitlán de Vadillo, se encuentran el agave, aguacate, maíz, grano y sorgo grano, entre otros. En la figura 48 se muestran los precios reales y valor de la producción de cada uno de ellos. De los cultivos que aportan mayores cantidades de recursos económicos, en orden de importancia son: agave que en 2020 se reportó una cantidad del valor de la producción de 175,000,000

(precios reales deflactados con el INPC Base=100, segunda quincena de julio de 2018, BANXICO, 2020); le sigue aguacate (57,200,000), maíz grano (52,300,000), sorgo grano (9,163,178), sogo forrajero (5,774,313), tomate verde (1,311,031) y frijol (643,139), entre otros.

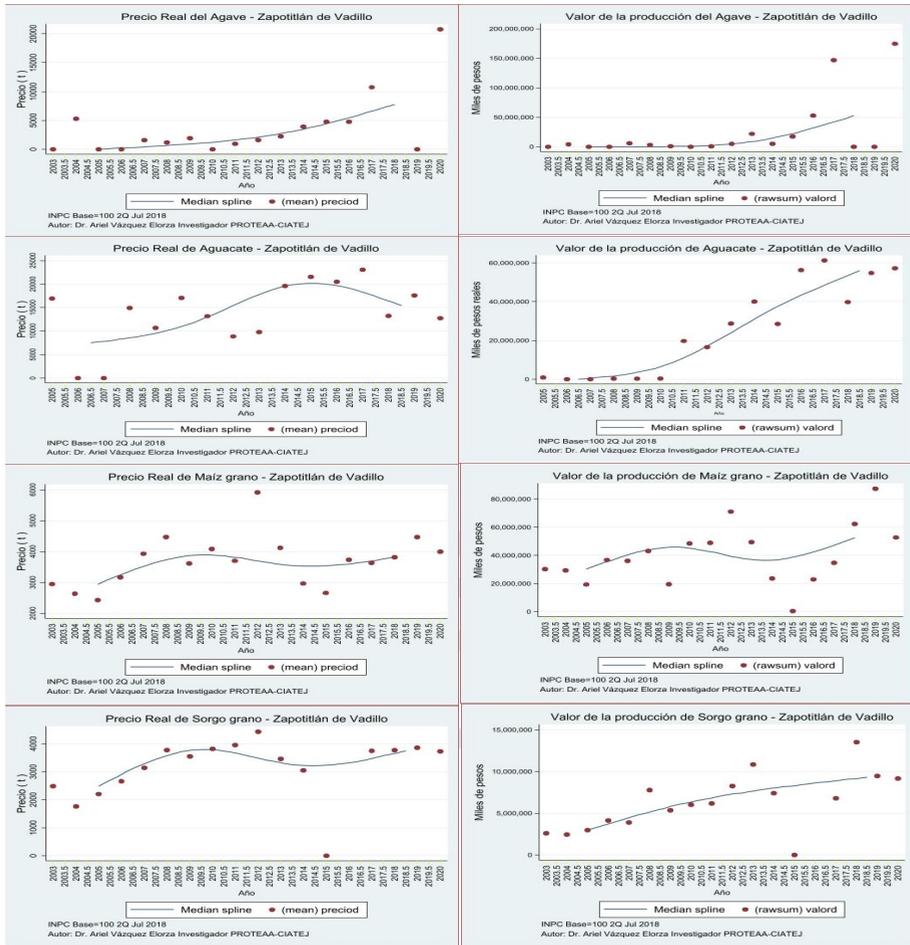


Figura 46: Precio y valor de la producción de cultivos estratégicos en Zapotitlán de Vadillo 2003/2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de SADER-SIAP (2020).

## Unión de Tula

La localidad de Unión de Tula ha padecido un crecimiento muy significativo en la temperatura máxima durante los últimos 120 años (figura 49). En contraste, esta localidad ha migrado desde una condición de Aridez con índice de Subhúmedo (1961) a húmedo (2018) aunque, los niveles de temperatura máxima aumentaron en 6.58% desde 1901 a 2020, esto representa 1.86°C con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 0.05% anual entre los años de 1900 al 2020. Hay que puntualizar que, en los primeros 50 años del siglo pasado se observó un incremento de 1.07°C con una TCMA de 0.08%; y del año 1951 al 2020 se generó un aumento promedio de 0.65°C con una TCMA de 0.03%. Sin duda, estas evidencias tienen una gran influencia negativa en la localidad pues repercuten sobremanera en las condiciones de producción agropecuarias por el encarecimiento del vital líquido. Por tanto, existe la necesidad de establecer estrategias y capacitaciones de captura de agua para abastecer una demanda creciente con una oferta estancada o reducida natural.

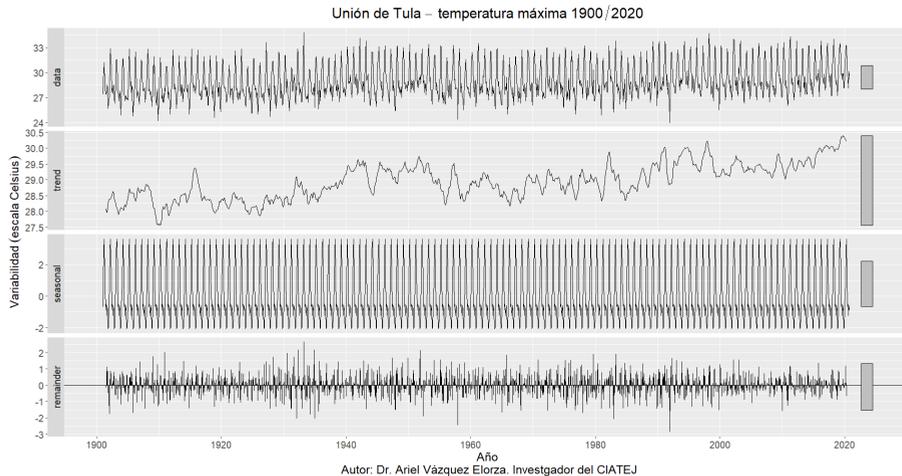


Figura 47: Variabilidad de la temperatura máxima en Unión de Tula 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En la figura 50 se muestra la presencia de una alta variabilidad de la temperatura máxima registrada durante 1900/2020 en Unión de Tula generándose un importante rango de crecimiento entre los meses de marzo y abril, en general. En contraste, los meses con menores temperaturas máximas se ubicaron entre noviembre y diciembre. Esta situación evidencia un importante desafío ante los embates del cambio en el clima de la región. En el mes de enero, la temperatura máxima (promedio) con menores niveles registrados en los últimos 120 años se ubica en el año de 1992 (24.0°C), en contraste, la más alta temperatura máxima se encuentra en 1933 con 34.7°C. Por otra parte, la temperatura máxima del mes de diciembre con menor intensidad registrada se ubicó en 1909 (24.2°C) y, la mayor en 1951 con (29.1°C).

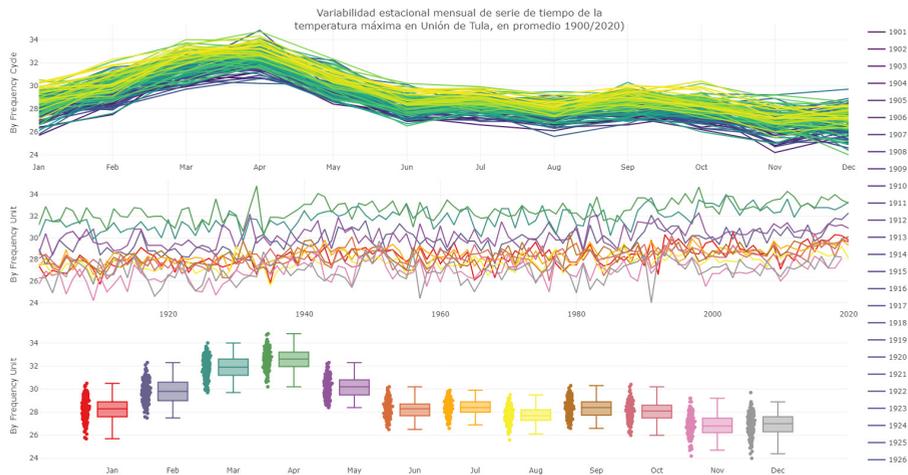


Figura 48: Variabilidad de la temperatura máxima mensual en Unión de Tula 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

A través de los años, la temperatura máxima ha experimentado cambios muy importantes al alza, a saber, entre los meses de 1961 y 2020 los cambios de temperatura máxima fueron: febrero con 27.3°C para 1961 y 29.8°C en 2020; marzo 29.0°C, 32.2°C; abril 30.1°C, 33.2°C; mayo

31.2°C, 33.2°; junio 28.6°C, 30.8°C; julio 27.5°C, 29.7°C; agosto 27.3°C, 29.3°C; septiembre 27.6°C, 28.1°C; octubre 28.5°C, 30.1°C; noviembre, 28.1°C, 29.6°C, diciembre 25.7°C, 27.2°C. En términos promedio durante 1901 y 2020, en promedio, se observó un cambio de 28.2°C a 30.1°C. Esta realidad evidencia que, en el transcurrir del tiempo, el sector y actividades agropecuarias se han sometido a una problemática sobre la disponibilidad hídrica lo cual repercute en la vida de la sociedad y, en el sector primario fundamentalmente. Es imprescindible que los gobiernos locales, centros de investigación (CPI's), sociedad, industria y medio ambiente comiencen a establecer estrategias en la localidad y planeación para políticas públicas e incrementar la infraestructura para la captura del agua y el uso eficiente del agua disponible.

Por su parte, en la figura 51 se evidencia que, en Unión de Tula, ha predominado también un incremento muy relevante sobre la temperatura mínima de al menos 8.85% entre 1900 y 2020, esto es, 1.20°C con una TCMA de 0.07% entre 1900 hasta 2020.

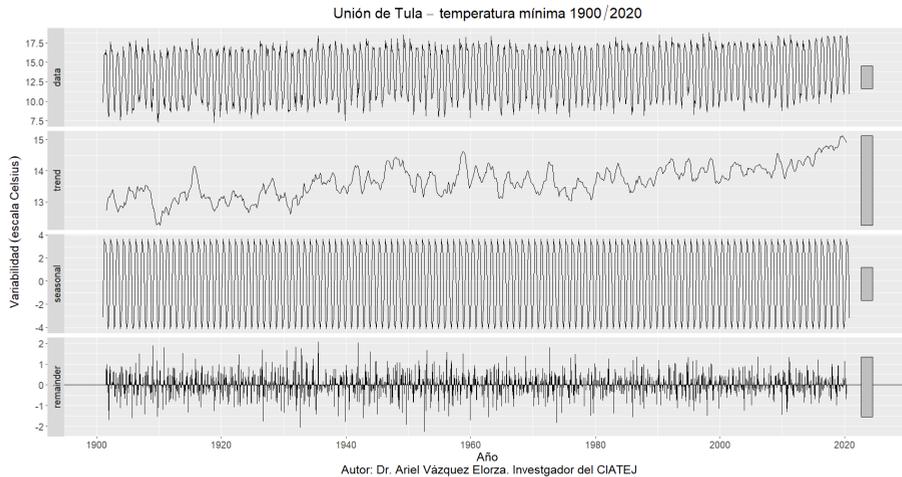


Figura 49: Variabilidad de la temperatura mínima en Unión de Tula 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En el mes de enero, la temperatura mínima promedio registrada con menores niveles en los últimos 120 años se ubica en el año de 1910 (7.3°C), en contraste, la temperatura mínima más alta se encuentra en 1998 con 18.8°C. Por otra parte, la temperatura máxima del mes de diciembre con menor intensidad registrada se ubicó en 1909 (7.5°C) y, la mayor en 1958 con (12.9°C). Al igual que la temperatura máxima, la mínima ha sufrido importantes variaciones al alza durante los últimos 120 años, a saber, entre los meses de 1961 y 2020 los cambios de temperatura mínima fueron: marzo de 9.8°C para 1961 alcanzando 13.0°C en 2020; abril 10.9°C, 14.1°C; mayo 13.6°C, 15.5°C; junio 15.8°C, 18.1°C; julio 16.2°C, 18.3°C; agosto 15.9°C, 17.7°C; septiembre 16.6°C, 17.1°C; octubre 15.6°C, 17.1°C; noviembre 12.6°C, 14.1°C; diciembre 9.4°C, 10.9°C (figura 52).

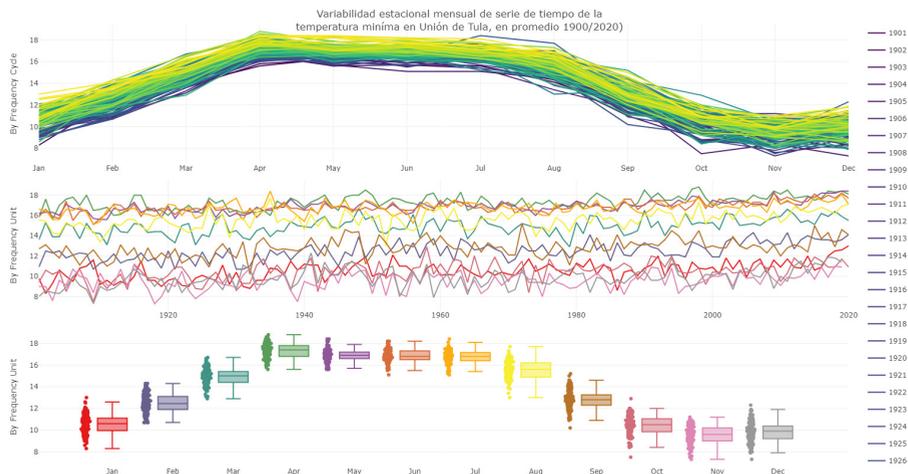


Figura 50: Variabilidad de la temperatura mínima mensual en Unión de Tula 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Al igual que en El Grullo y Zapotitlán de Vadillo, en Unión de Tula son alarmantes las reducciones en las precipitaciones; por ejemplo, entre 1901 y 1950 las reducciones representaron una TCMA negativa promedio de -0.11%, esto es, una disminución de -41.4 mm. Por otro lado, entre 1951

y 2020 las reducciones representaron una TCMA negativa promedio de  $-0.16\%$ , esto es, una disminución de  $-91.5$  mm. No obstante, al comparar los años de 1900 y 2020 se evidencia que únicamente existió una diferencia positiva de  $15.4$  mm. Esta situación genera un verdadero desafío para satisfacer la demanda del vital líquido entre la población de Unión de Tula, sobre todo, para ofrecer a los cultivos agropecuarios y ecosistemas de la región.

En la figura 53 se evidencia que, en Unión de Tula ha predominado un estancamiento de la precipitación durante las últimas décadas. Particularmente, se observa en el eje de la tendencia los picos muy importantes se localizaron entre los meses de la década 50's, 60's, 90's y dos mil, principalmente. Asimismo, se subraya que la tendencia promedio durante 1979, 1991 y 2005 indican oscilaciones de retroceso muy importantes; además, aunque existen picos con incrementos trascendentales en la localidad se mantiene en los niveles promedio de inicios del siglo pasado. Esta situación genera incertidumbre para las producciones de temporal agropecuarias en la región, además de que se encarece el vital líquido.

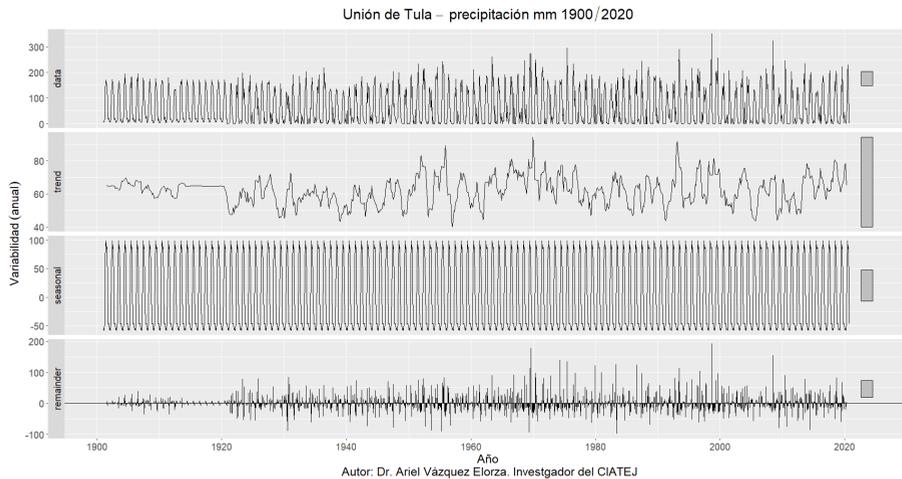


Figura 51: Variabilidad de la precipitación (mm) en Unión de Tula 1900-2020

Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

En la figura 54 se aprecia que los meses con indicadores de mayor frecuencia de precipitaciones, en promedio, se encuentran en los meses de mayo, junio, julio y agosto, y en menor medida en septiembre. Definitivamente el primer trimestre del año, la localidad no cuenta con importantes precipitaciones, así como, en el último trimestre de cada año.

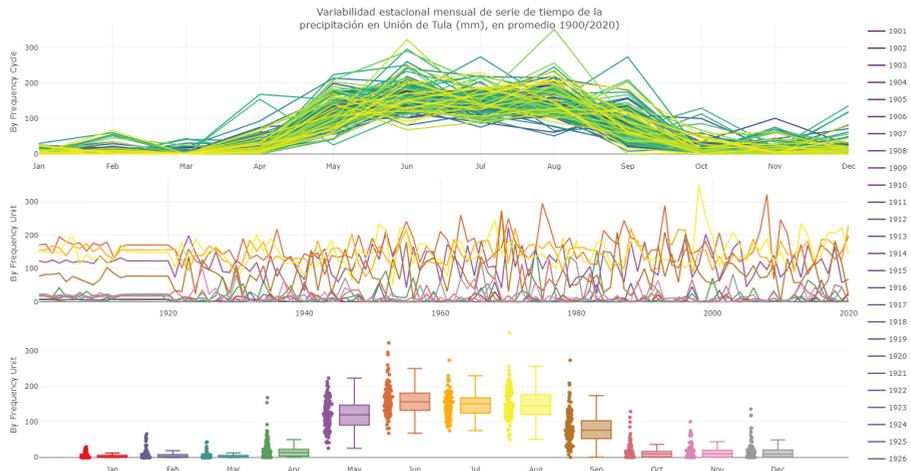


Figura 52: Variabilidad de la precipitación (mm) en Unión de Tula 1900-2020  
Fuente: Elaboración propia con datos de Worldclim (2020).

Para identificar las correlaciones entre el clima y el rendimiento de los cultivos agrícolas en Unión de Tula se procedió a obtener la información agropecuaria de la SADER-SIAP (2020) del periodo 2003-2020 y, generar el coeficiente de correlación parcial y semi parcial del rendimiento con las variables climáticas de temperatura máxima, mínima y nivel de precipitaciones. En este caso, se eligieron dos cultivos de la región, que son: agave y pepino. Las correlaciones al cuadrado y la significancia estadística correspondiente se reportan en el cuadro 21.

Es importante resaltar que las correlaciones son altamente significativas entre el rendimiento de agave con el nivel de temperatura mínima y máxima

y, en menor medida con las precipitaciones. Por ejemplo, en el caso de la temperatura máxima existe una correlación positiva, es decir, a medida que se incrementa esta temperatura el rendimiento tiende a aumentar, en promedio; por el contrario, cuando las temperaturas mínimas se reducen en la localidad se presenta una correlación negativa, es decir, el rendimiento del agave tiende a reducirse. Las correlaciones son de 0.97 y -0.97 con un nivel de significancias estadísticas de 0.02 y 0.02 respectivamente. En el caso del cultivo de pepino, las precipitaciones presentan una correlación positiva, es decir, a medida que se incrementa la precipitación en la localidad el rendimiento aumenta en promedio (cuadro 21).

Cuadro 20: Correlaciones parciales y semi parciales de rendimiento y clima con cultivos de Unión de Tula

Cultivo	Variable	Parcial corr.	Semiparcial corr.	Parcial corr.^2	Semiparcial corr.^2	Significancia Valor
Agave	PTemMax	0.9708	0.4143	0.9424	0.1717	0.0292
	PTemin	-0.9744	-0.444	0.9494	0.1971	0.0256
	SumPrecip	0.9104	0.2254	0.8288	0.0508	0.0896
Pepino	PTemMax	-0.0374	-0.022	0.0014	0.0005	0.9081
	PTemin	0.0806	0.0476	0.0065	0.0023	0.8034
	SumPrecip	0.6469	0.4991	0.4184	0.2491	0.023

Fuente: Elaboración propia con datos de SADER-SIAP (2020), Worldclim (2020).

Entre los principales cultivos estratégicos con mayor relevancia en Unión de Tula, se encuentran el maíz grano, agave, chile verde, pepino, trigo, sorgo grano, entre otros. En la figura 55 se muestran los precios reales y valor de la producción de cada uno de ellos.

De los cultivos que aportan mayores cantidades de recursos económicos, en orden de importancia son: maíz grano que en 2020 se reportó una cantidad del valor de la producción de 172,000,000 (precios reales deflactados con el INPC Base=100, segunda quincena de julio de 2018, BANXICO, 2020); le sigue agave (59,200,000); chile verde (13,000,000); pepino (5,763,949); trigo grano (5,666,220); elote (5,434,739); elote (3,501,882); tomate rojo (jitomate) (1,054,197); sorgo grano (789,765); avena forrajera en verde 309,857.60.

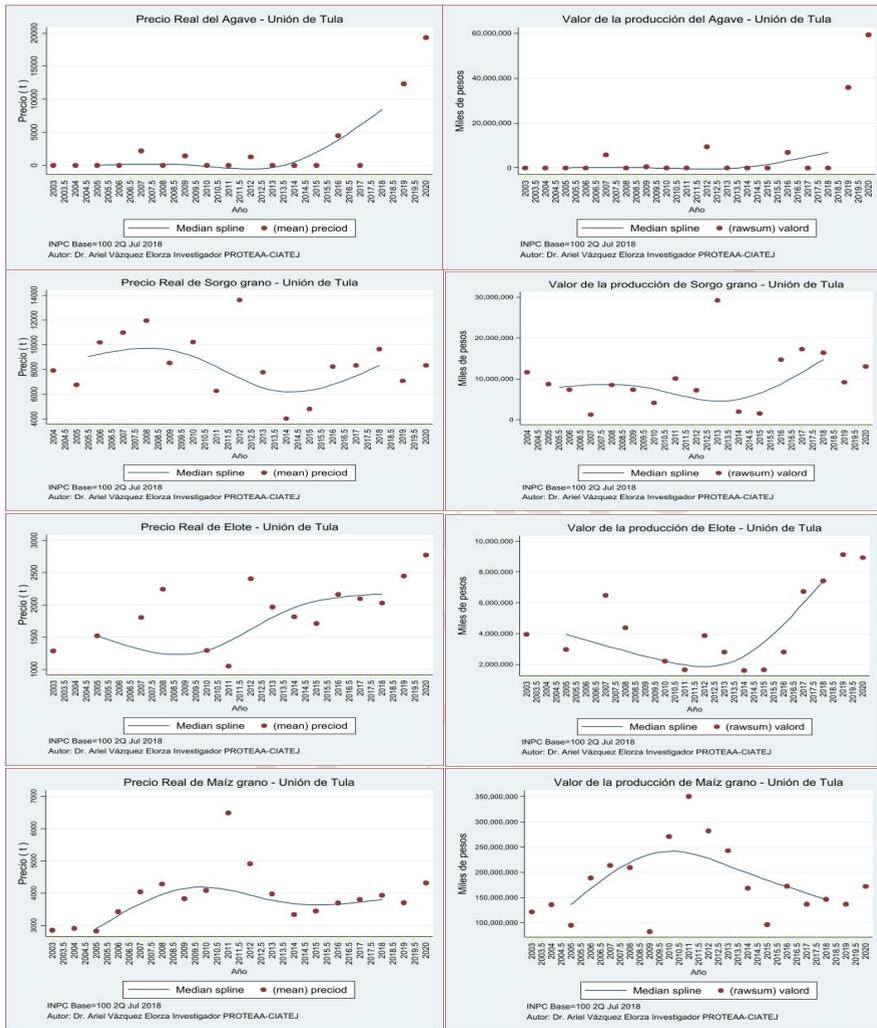


Figura 53: Precio y valor de la producción de cultivos estratégicos en Unión de Tula 2003/2020  
 Fuente: Elaboración propia con datos de SADER-SIAP (2020).

## **Correlaciones entre las condiciones hídricas y socioeconómicas de las localidades en estudio**

De acuerdo con la información del INEGI (2020) el municipio del El Grullo cuenta con 441 manzanas, Unión de Tula 373 y Zapotitlán de Vadillo 58. En total habitaban en ese año 46,992 personas. Aproximadamente el 67.6% contaba con 18 años o más. Este apartado tiene como finalidad contextualizar y estratificar a las localidades según su nivel de marginalidad socioeconómica. No obstante, la información para la realización del estudio se concentró fundamentalmente en 70 localidades debido al acceso público oficial sobre la información completa para cada uno de los territorios (15 corresponden al municipio de El Grullo, 24 Unión de Tula y 31 Zapotitlán de Vadillo). En las regiones existe una población longeva. No obstante, del total en ambos municipios el 2.9% de las personas entre 15 a 130 años no contaban con saber leer y escribir un recado. El 18.5% de las 22,390 personas incluidas como población económica activa, corresponde a mujeres y el 29.2% a hombres (INEGI (2020)).

Atendiendo el objetivo de la investigación se continuó con el análisis y prioridad de identificar las principales características socioeconómicas de la población en los territorios en estudio. Para ello, se utilizó el análisis de componentes principales (ACP). De acuerdo con Grané (2002, p. 1) el ACP simplifica la dimensionalidad de información de variables originales, de tal manera, que se reduzca perdiendo lo menos posible de la cantidad de la información para su interpretación. De esta manera, las nuevas variables generadas tendrán la peculiaridad de ser combinaciones lineales de las variables originales. En este caso, se eligieron las siguientes variables para el análisis socioeconómico considerando las 70 localidades de los municipios: viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda (VPH\_AGUAFV); viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (VPH\_NODREN); población sin afiliación a servicios de salud (PSINDER); población femenina de 15 años o más analfabeta (P15YM\_AN\_F); población masculina de 15 años o más analfabeta (P15YM\_AN\_M), y población de 12 años o más económicamente activa (PEA).

Las características socioeconómicas señaladas anteriormente presentan una relación muy importante con el desarrollo social y económico. Por otra parte, las condiciones de competitividad productiva entre los municipios y sus relaciones sociales, económicas y necesidades de agua se correlacionaron de manera muy importante (cuadro 22). También hay que reconocer que existen otras situaciones sociales y ambientales importantes que deberán ser incluidas en las correlaciones en otros estudios (tales como, climatología, costos de transacción en el acceso al agua y alcantarillado, salud, entre otras). Para fines del objetivo general, únicamente se considerará la información relacionada con las temáticas del objetivo de este trabajo.

Cuadro 21: Correlaciones de variables hídricas y socioeconómicas en localidades de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo

		VPH_ AGUAFV	VPH_NO- DREN	PSINDER	P15YM_ AN_F	P15YM_ AN_M	PEA
VPH_AGUAFV	Correlación de Pearson	1	.512**	.917**	.941**	.907**	.925**
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000
VPH_NODRE	Correlación de Pearson	.512**	1	.472**	.525**	.493**	.459**
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.000	.000	.000
PSINDER	Correlación de Pearson	.917**	.472**	1	.987**	.996**	.997**
	Sig. (bilateral)	.000	.000		.000	.000	.000
P15YM_AN_F	Correlación de Pearson	.941**	.525**	.987**	1	.986**	.988**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000		.000	.000
P15YM_AN_M	Correlación de Pearson	.907**	.493**	.996**	.986**	1	.992**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000		.000
PEA	Correlación de Pearson	.925**	.459**	.997**	.988**	.992**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de regresión espacial con datos de INEGI (2020).

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En los últimos años, a partir de los efectos de la pandemia COVID 19 se incrementó la inflación, se intensificaron los problemas sociales relacionados con la pérdida de empleos generalizados, ingreso per cápita del hogar y encarecimiento de los precios de productos de primera necesidad para los hogares más marginados en las regiones en estudio. Por lo general, las políticas públicas para el desarrollo agroindustrial y económico regional

local están supeditadas a los lineamientos y acciones estatales y federales, no obstante, se considera fundamental crear innovaciones sociales y fortalecer al sector primario y terciario para transformar las materias primas y generar valor agregado a los productos del campo; además de crear más y mejores empleos (formales) de calidad entre la población rural. Cuando existen problemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, analfabetismo y carencia de empleos formales se agudiza la desigualdad del ingreso; y con ello, se genera más marginación y división de la sociedad en los estratos socioeconómicos. Esta realidad se puede observar en los municipios en estudio.

Continuando con el análisis socioeconómico desde un enfoque micro en los municipios en estudio, en el cuadro 23 se muestran los autovalores generados (*eigenvalues*) del ACP que establecen el porcentaje que explican la información en términos de la varianza explicada para cada uno de ellos sobre el conjunto de la información de las 70 localidades. El valor característico asociado al primer componente resulta en 85.8%, el segundo componente 11.9%, y el tercero 2.0%. Sobresale el primer componente del modelo que explica el 85.8% de la variabilidad total de la información. Por otro lado, con un valor de chi-cuadrado aproximado de 1104.3 con 15 grados de libertad y una significación  $p=0.000$  resulta evidente que no se trata de una matriz de identidad y se puede realizar el estudio del ACP con las variables establecidas en la tabla 22; además, el valor de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) corresponde a 0.864 y, por tanto, se puede considerar como muy aceptable el modelo para continuar con el análisis.

Cuadro 22: Varianza total explicada de los componentes principales en localidades de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	5.147	85.792	85.792	5.147	85.792	85.792	4.592	76.531	76.531
2	.715	11.912	97.704	.715	11.912	97.704	1.270	21.172	97.704
3	.119	1.989	99.693						
4	.011	.180	99.873						

5	.005	.091	99.964					
6	.002	.036	100.000					

Fuente: Elaboración propia mediante método de extracción: Análisis de componentes principales.

El proceso de análisis resultó de correlacionar el primero y segundo componente con las variables incluidas en el modelo que representan a las características socioeconómicas a nivel localidad. Los resultados agrupan a dos variables independientes (obtenidas a partir de los componentes) según sus correlaciones en cada uno de ellos. En el cuadro 24 se muestran las relaciones entre las variables en estudio y los cuatro componentes principales que se generaron. Cuando se realizan las asociaciones entre las variables se resume la información y se obtienen dos grupos bien definidos.

Cuadro 23: Coeficiente de correlación de Pearson con la matriz de componentes

Tipología	Componente	
	CP1	CP2
VPH_AGUAFV	0.904**	0.298*
VPH_NODREN	0.256*	0.966**
PSINDER	0.968**	0.23
P15YM_AN_F	0.952**	0.291*
P15YM_AN_M	0.959**	0.253*
PEA	0.973**	0.22

Fuente: Elaboración propia con la metodología de Componentes Principales en SPSS.

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).

El primer componente (CP1) se asocia positivamente con viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, población sin afiliación a servicios de salud, población femenina de 15 años y más analfabeta, población masculina de 15 años o más analfabeta, y población de 12 años o más económicamente activa. Se relacionaría con “carencia, marginación y analfabetismo”, es significativo al nivel 0.01 (bilateral). Esta situación evidencia que en la mayoría de los territorios de los municipios en estudio está presente el fenómeno de la pobreza entre los habitantes.

El segundo componente (CP2) se asocia positivamente y es significativo al nivel 0,01 (bilateral) con viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje, lo cual se relacionaría con “carencia de agua y drenaje” considerados como servicios básicos fundamentales en un hogar. Cuando se carecen de estos servicios de primera necesidad en una familia suele presentarse aumentos en los costos de una vida digna y tener consecuencias de otras índoles como salud y bienestar.

A continuación, se mostrará la estratificación de las 70 localidades de acuerdo con el componente obtenido. Es importante señalar que detrás de cada clasificación existen territorios con población con características particulares según el fenómeno que se trate: “Carencia, marginación y analfabetismo” y “carencia de agua y drenaje”. El primer componente CP1 concentra en conjunto el 25.27% de la variabilidad de la información focalizada hacia las características productivas. Para ello, se utilizó la técnica de regresión y estandarización para estratificar, ésta última a través de la técnica de Dalenius & Hodges (1959).

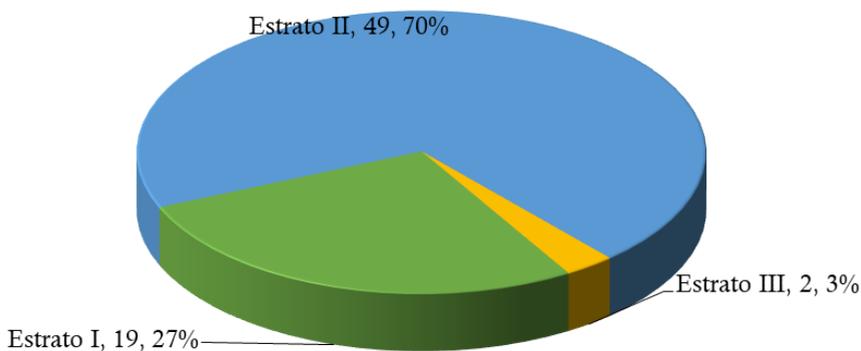


Figura 54: Estratificación municipal según características productivas en el ACP1  
Fuente: Elaboración propia, en base a los indicadores con el primer componente.

Los resultados del primer componente (nuevos autovalores del CP1) fluctuaron entre los valores -1.04772 y 7.59845. Aplicando la técnica de Dalenius y Hodges se generaron tres estratos. De esta manera, cada localidad

de las 70 analizadas pertenecientes a los tres municipios en estudio se agrupa en condiciones homogéneas de la situación de marginación. En el estrato I se ubican 19 que representan el 27% del total; en el estrato II, 49 representa el 70% y en el estrato III, 2 que representan el 3%.

El segundo componente CP2 concentra en conjunto el 11.9% de la variabilidad de la información. Los resultados de los autovalores fluctuaron entre -0.68764 y 3.76528. Aplicando la técnica de Dalenius y Hodges se generaron cuatro estratos. De esta manera, cada localidad se agrupa en condiciones homogéneas de la situación de carencia de agua y drenaje. En el primer estrato, se ubican 42 territorios que representan el 60% del total; en el estrato II, 18 que representa el 26%, en el estrato III, 5, que representan el 7%; y en el estrato I V, 5 que representan el 7%.

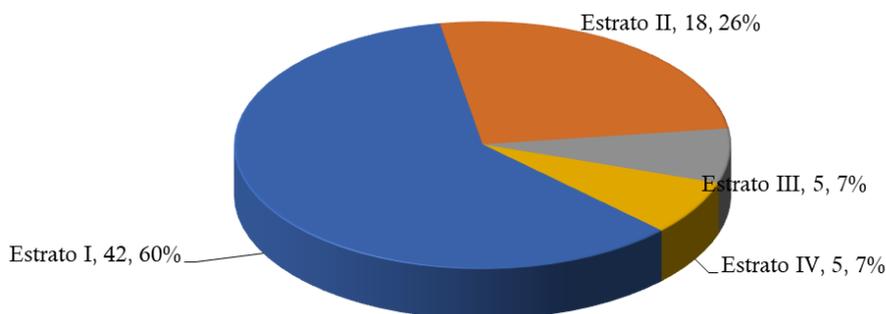


Figura 55: Estratificación municipal según características carencia de agua, energía y drenaje en el CP2  
Fuente: Elaboración propia, en base a los indicadores con el segundo componente

### **Unidades que usan insecticidas, herbicidas, fungicidas, etcétera.**

A continuación, se identifican las perspectivas de la situación socioeconómica en los productores agropecuarios que utilizan plaguicidas y contaminantes en sus actividades productivas, sobre el estudio de casos en las dos regiones. En Jalisco existen 316,873 unidades productivas agropecuarias donde el 13.03% están dirigidos por mujeres jefas de hogar y el 86.97% por un hombre (datos propios obtenidos a partir de la Encuesta de Ingresos y Gastos de

los Hogares del Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (ENIGH-INEGI, 2020). De este total, el 74.02% corresponden a 234,549 unidades agropecuarias que manifestaron utilizar algún tipo de insecticidas, fungicidas, herbicidas, etcétera., en la entidad.

Al segmentar la unidades agropecuarias por las dos regiones en estudio se obtiene una muestra de casos de 28,890 los cuales serán utilizados como línea base en la generación de indicadores socioeconómicos de los productores agropecuarios en las regiones en estudio. Sobre la base de la información generada en la ENIGH-INEGI (2020) de las 28,890 unidades agropecuarias que sí utilizaron algún tipo de insecticida, fungicida o herbicida en sus actividades agropecuarias en las dos regiones, en el 2020, las actividades agrícolas alcanzaron una cifra de 19,229; respecto a las actividades de cría y explotación de animales 5,545 jefes de hogar hombre utilizaron algún tipo de insecticidas, en contraste, con las jefas de hogar que sumaron 1,636 unidades (datos propios obtenidos a partir de la ENIGH-INEGI (2020).

Respecto a las características de pobreza entre los productores agropecuarios, en las regiones Sierra de Amula y Sur, que utilizan agroquímicos en sus actividades se obtiene lo siguiente: el 56.3% del total, esto es, 14,876 jefes de hogar; porcentaje de personas en pobreza moderada 45.5% (12,013); porcentaje de personas en pobreza extrema 10.8% (2,863); porcentaje de personas vulnerables por carencia social 32.8% (8,671); porcentaje de personas con rezago educativo 28.4% (7,514); porcentaje de personas con carencia por acceso a los servicios de salud 26.3% (6,953); porcentaje de personas con carencia por acceso a la seguridad social 89.2% (23,547); porcentaje de personas con carencia por calidad y espacios de la vivienda 4.7% (1,227); porcentaje de personas con carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda 37.7% (9,968); porcentaje de personas con carencia por acceso a la alimentación 4.7% (1,227); porcentaje de personas con al menos una carencia social 89.2% (23,547), y porcentaje de personas con tres o más carencias sociales 37.7% (9,968) (porcentajes obtenidos a partir de la ENIGH-INEGI (2020).

La inseguridad alimentaria entre los productores que utilizan agroquímicos se encuentra en orden de importancia de la siguiente manera: el 72.1% de la población agropecuaria en las regiones en estudio con condiciones de seguridad alimentaria utiliza agroquímicos y se encuentra; por su parte, el 23.2% también hace uso de estos productos y se ubica con inseguridad alimentaria leve, le sigue la población con inseguridad alimentaria severa 4.7%. Sin duda, la inseguridad alimentaria representa un verdadero reto para muchas familias y hogares agropecuarios en el Sur y Sierra de Amula de la entidad y se deben mejorar las formas de obtener alimentos y alimentación tanto para la venta y comercialización exterior.

### **Lecciones aprendidas**

Las investigaciones que buscan vincular diferentes contextos sociales y económicos entre los territorios y espacios geográficos relacionan variables de diversas áreas, tales como las sociales, ambientales y productivas. Buscan generar información valiosa para los hacedores de políticas públicas agropecuarias facilitándoles herramientas e información útil para el diseño e implementación de acciones estratégicas para solucionar los problemas socioeconómicos productivos. Así mismo, estas investigaciones tratan de relacionar una amplia variedad de aspectos que son parte fundamental de las características geográficas sociales entre las regiones de Jalisco en estudio.

El objetivo que nos hemos planteado fue analizar las características socioeconómicas de la población de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo en Jalisco localizados en las regiones Sierra de Amula y Sur, considerando aspectos geográficos e incluyendo las condiciones de dotación de agua. Se destacó que el proyecto en el cual se desarrolló esta investigación fue a partir de la Fundación Gonzalo Río Arronte: Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para mejorar la gestión y gobernanza del agua en municipios de la Red de Alcaldesas de Jalisco, el cual contempló a dos regiones de Jalisco y tres municipios mencionados anteriormente. La correcta aplicación de métodos cuantitativos

y cualitativos sobre los datos disponibles, y los resultados a los que estos nos han conducido, nos hacen asumir que tal objetivo ha sido cumplido.

Hemos aplicado un conjunto de métodos para relacionar la problemática de abastecimiento de agua con un conjunto de aspectos de la vida rural, como los rasgos sociales y económicos, la geografía socioeconómica e hídrica, las relaciones espaciales, el índice de aridez, entre otros métodos estadísticos como las regresiones y la estratificación que nos ayudaron a aproximaciones más precisas de la dinámica del abastecimiento de agua en los municipios estudiados.

Entre los resultados principales y los aprendizajes a partir de estos, el más valioso quizá es que hablar de la región sin matizar las diferencias que existen entre los grupos sociales puede conducirnos a tomar alternativas equivocadas a los problemas que conocemos sobre abastecimiento de agua. Hay al menos, un conjunto de resultados que nos conducen a asumir esa postura:

- La carencia de agua prevalece en hogares rurales, con bajo nivel educativo y con problemas alimentarios.
- Los servicios de drenaje están ampliamente relacionados con el entorno laboral, y en zonas con escasez de trabajo, los servicios son menos frecuentes.

Otro conjunto de resultados que son especialmente importantes son los relacionados con el índice de aridez en las regiones en estudio, el cual mostró un incremento lo cual reduce las condiciones ideales de los sistemas productivos agropecuarios. No obstante, en los tres municipios analizados pasaron de una clasificación climática subhúmeda a húmeda. Esta situación invita a continuar con estudios que aborden situaciones de causalidades entre los fenómenos agro-climatológicos y producciones agropecuarias en los territorios en estudio. Empero, cuando se abordan los cambios en el clima, los incrementos de temperatura, los descensos de la precipitación y los efectos que ambos procesos provocan entre los cultivos se observan situaciones desiguales entre las localidades.

Un tercer grupo de resultados es el que se relaciona con los grupos de población y cómo se caracterizan. Esto es valioso pues puede orientar

la planificación de políticas focalizadas para prospectar mejores impactos que las actuales.

Los resultados encontrados guardan una estrecha relación con la problemática planteada desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible, de Agua Limpia y Saneamiento<sup>5</sup>:

Si bien se ha conseguido progresar de manera sustancial a la hora de ampliar el acceso a agua potable y saneamiento, existen miles de millones de personas (principalmente en áreas rurales) que aún carecen de estos servicios básicos.

Se detectó que 3 de cada 10 personas carecen de acceso a servicios de agua potable seguros y 6 de cada 10 carecen de acceso a instalaciones de saneamiento gestionadas de forma segura.

Con relación al objetivo 13, acción por el clima, los resultados son consistentes con la problemática de los objetivos de desarrollo sostenible, en tanto que entre 1880 y 2012, la temperatura media mundial aumentó 0,85 grados centígrados. Esto quiere decir que por cada grado que aumenta la temperatura, la producción de cereales se reduce un 5% aproximadamente<sup>6</sup>.

La desertificación es la degradación de los suelos de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultantes de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y las actividades humanas. La desertificación afecta a la sexta parte, aproximadamente, de la población mundial, al 70% de todas las tierras secas, equivalente a 3.600 millones de hectáreas, y a la cuarta parte de la superficie total de tierras del mundo<sup>7</sup>.

Los elementos anteriores, son expuestos con el ánimo de provocar un cambio en la percepción generalizada de que los problemas globales se manifiestan en territorios ajenos a los que habitamos. La realidad es otra. La evidencia que hemos aportado en el presente libro puede ser tomada como referencia para valorar el grado en el que los problemas socio ambientales están afectando los territorios rurales que analizamos.

---

<sup>5</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

<sup>6</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

<sup>7</sup> <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter12.htm>

Con esto, se espera que los lectores del ámbito institucional, académico, científico, la iniciativa privada y la sociedad civil organizada, entre otros, realicen diagnósticos que evalúen la situación actual de sus comunidades y tomen acciones que contribuyan a la reducción de los efectos provocados por estos problemas.

Con respecto a los métodos empleados, hemos aprendido que diferentes análisis de un mismo problema pueden dar una visión amplia de cómo se vive la situación del abastecimiento de agua en las comunidades rurales. Los análisis tomaron diferentes objetos y sujetos de estudio y con ello, lograron dar un panorama amplio de la situación actual de los grupos humanos y cómo se enfrentan al desabastecimiento de agua y a la falta de servicios de drenaje. También aportaron evidencia sobre los procesos de aridez y los cambios que se han venido dando en las variables agroclimáticas.

Las implicaciones prácticas de esta investigación, se espera, tengan un alcance en la problematización de la que parten distintas iniciativas de intervención. Políticas públicas, nuevas investigaciones, intervenciones de organizaciones de la sociedad civil, entre otras, se espera puedan apoyarse de la evidencia disponible, para diseñarse e implementarse.

## Literatura citada

- (BANXICO), B. N. de M. (2020). *Índice Nacional de Precios al Consumidor* (INPC). Base = 100 INPC 2 Quincena de Julio de 2018. BANXICO.
- Abraham, E., Montaña, E., & Torres, L. (2006). *Desertificación e indicadores: posibilidades de medición integrada de fenómenos complejos*. Scripta Nova, 10(214), 46.
- Anselin, L. (2001). *Spatial econometrics. A Companion to Theoretical Econometrics*, 310330.
- Baltas, E. (2007). *Spatial distribution of climatic indices in northern Greece. Meteorological Applications: A Journal of Forecasting, Practical Applications, Training Techniques and Modelling*, 14(1), 69–78.
- Bassols, Á. (1990). Geografía socioeconómica y economía política (contexto histórico). Problemas Del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 21(80), 237–269. <https://www.jstor.org/stable/43837177>
- Bellver, R., & Guardiola, J. L. (1989). Parámetros climáticos I. Cálculo de la ETP y de algunos índices climáticos. *Estudios Geográficos*, 50(195), 297.
- Bot, A., Nachtergaele, F., & Young, A. (2000). Land resource potential and constraints at regional and country levels (Issue 90). *Food & Agriculture Org*.
- Cliff, A. D., Ord, J. K., Haggett, P., & Versey, G. R. (1981). *Spatial diffusion: an historical geography of epidemics in an island community* (Vol. 14). CUP Archive.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. CEPAL.
- CONEVAL. (2015). *Diagnóstico de la capacidad productiva de los hogares rurales y pérdidas post-cosecha*. En Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). *Índice de rezago social en México*. [https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice\\_Rezago\\_Social\\_2020.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx).

- Dalenius, T., & Hodges Jr, J. L. (1959). Minimum variance stratification. *Journal of the American Statistical Association*, 54(285), 88–101.
- De Martonne, E. (1926). Areisme et indice d'aridité, comptes rendus de L'Academie des Sciences de Paris. 182: 1393-1 398. *English: Regions of Interior Basin Drainage. Geogr. Rev*, 17, 397–414.
- Druzhinin, A. G., Mateo, R. J. M., Baburin, V. L., Bezrucov, L. A., Baclanov, P. Y., Chistobaev, A. Y., Fedorov, G. M., Gladky, Y. N., Kolosov, V. A., & Nefedova, T. G. (2015). El desarrollo de la geografía socioeconómica en la Rusia moderna: tendencias, logros, problemas. In Universidad Federal del Sur (Rusia) (Ed.), *Geografía socioeconómica en la Rusia contemporánea: teoría, metodología, prioridades de desarrollo* (p. 81). Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего ....
- Getis, A. (1999). *Spatial statistics. Geographical Information Systems*, 1, 239–251.
- Gobierno de Jalisco. (2011). *Plan regional de Desarrollo. Jalisco 2030. Región 06 Sur*. [https://transparenciafiscal.jalisco.gob.mx/sites/default/files/plan\\_de\\_desarrollo\\_region\\_06\\_sur\\_vp1.pdf](https://transparenciafiscal.jalisco.gob.mx/sites/default/files/plan_de_desarrollo_region_06_sur_vp1.pdf)
- Gobierno de Jalisco. (2015). *Plan Regional de Desarrollo 2013-2033. Región 07 Sierra de Amula (No. 1; 1)*. [https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/07.- Región 07 Sierra de Amula.pdf](https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/07.-Región%20Sierra%20de%20Amula.pdf)
- Gobierno de Jalisco. (2018). *Sierra de Amula. Diagnóstico de la Región*. [https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/07\\_sierra\\_amula\\_diagnostico.pdf](https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/07_sierra_amula_diagnostico.pdf)
- Gobierno de Jalisco. (2019). *Diagnóstico de la región Sur*. <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2020/07/06-Sur-Diagnostico.pdf>
- Grané, A. (2002). *Análisis de componentes principales*. Madrid: Universidad Carlos III, Departamento de Estadística, 30.
- Haining, R. (1990). The use of added variable plots in regression modelling with spatial data. *The Professional Geographer*, 42(3), 336–344.
- INEGI. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019*.
- Instituto de Información Estadística y Geografía del Estado de Jalisco (IIEG). (2016). *Dominancia en usos de suelo y vegetación en Jalisco*.

- Vectores de dominancia en usos de suelo y vegetación en Jalisco.*  
[https://iieg.gob.mx/ns/?page\\_id=9564](https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=9564)
- Instituto de Información Estadística y Geografía del Estado de Jalisco (IIEG). (2020). *Información del estado de Jalisco*. Gobierno de Jalisco. <https://iieg.gob.mx/ns/>
- Instituto de Información Estadística y Geografía del Estado de Jalisco (IIEG). (2021). *Biodiversidad de la flora y fauna*. <https://iieg.gob.mx/biodiversidad/>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2020). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH)*. 2020 Nueva serie. INEGI-ENIGH.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). (2018). *Diseño conceptual y definición de categorías y variables. Descripción de la base de datos*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enigh/nc/2018/doc/enigh18\\_descriptor\\_archivos\\_fd\\_ns.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enigh/nc/2018/doc/enigh18_descriptor_archivos_fd_ns.pdf)
- International Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *The physical science basis*. Cambridge Univ. Press.
- Jann, B. (2014). Plotting regression coefficients and other estimates. *The Stata Journal*, 14(4), 708–737. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1536867X1401400402>
- Kmenta, J. (1971). *Elements of econometrics*. New York: MacMillan.
- Lopez-Feldman, A. (2006). Decomposing inequality and obtaining marginal effects. *The Stata Journal*, 6(1), 106–111. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1536867X0600600107>
- Medina, F. (2001). *Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso* (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) División de Estadística y Proyecciones Económicas (ed.) CEPAL.

- Olguín-López, J. L., Guevara-Gutiérrez, R. D., Mancilla-Villa, Ó. R., Palomera-García, C., & Cruz-Sandoval, G. (2022). Consistencia, homogeneidad y distribución de la precipitación pluvial y temperatura, Región Sierra de Amula, Jalisco, México. *Revista Geográfica de América Central*, 68, 353–378.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1972). *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente*. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N73/039/07/PDF/N7303907.pdf?OpenElement>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA): *Manual de uso y aplicaciones*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/a-i3065s.pdf>
- Parada, S., & Morales Estupiñán, C. (2005). *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Ed.. Cepal.
- Pineda, M. (2019). *La Jornada: Negocios y empresas. Negocios y Empresas. El Consumo de La Clase Media*. <https://www.jornada.com.mx/2019/12/17/opinion/020oleco>
- Richardson, T., Monfort, J., Montossi, F., Muñoz, G., & García Negro, Á. (2022). *Recomendaciones de buenas prácticas de gobernanza y gestión para las organizaciones modernas de I+ D+ i agropecuaria de América Latina y el Caribe*. IADB: Inter-American Development Bank. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0004144>
- Ruiz, S. S., & Gerritsen, P. R. W. (2010). Manejo del agua en el municipio de Unión de Tula desde un enfoque de gobernanza. *Ambiente y Desarrollo*, 14(27), 11–32.
- Ruiz, S. S., Gerritsen, P. R. W., & Martínez, L. M. (2010). Gobernanza del agua a nivel local: estudio de caso en el municipio de Zapotitlán de Vadillo, Jalisco. *El Cotidiano*, 162, 83–89.
- SADER-SIAP. (2020). Servicio de Información Agralimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. *Producción Agrícola*. <https://www.gob.mx/siap>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). Porcentaje de unidades de producción con pérdidas agrícolas o pecuarias según factores ambientales que las ocasionaron. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D2\\_AGRIGAN01\\_48&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREENTIDAD=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_AGRIGAN01_48&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2007). *Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación*. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/oropeza.html>
- Shen, C., Li, C., & Si, Y. (2016). Spatio-temporal autocorrelation measures for nonstationary series: A new temporally detrended spatio-temporal Moran's index. *Physics Letters A*, 380(1–2), 106–116.
- Siabato, W., & Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 1–22.
- Stark, O., Taylor, J. E., & Yitzhaki, S. (1986). Remittances and inequality. *The Economic Journal*, 96(383), 722–740. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2232987>
- Tiefelsdorf, M. (2006). Modelling spatial processes: the identification and analysis of spatial relationships in regression residuals by means of Moran's I (Vol. 87). *Springer*.
- Tobler, W. R. (1979). Cellular geography. In *Philosophy in geography* (pp. 379–386). *Springer*.
- Troyo Diéguez, E., Mercado Mancera, G., Cruz Falcón, A., Nieto Garibay, A., Valdez Cepeda, R. D., García Hernández, J. L., & Murillo Amador, B. (2014). Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México. *Investigaciones Geográficas*, 85, 66–81.
- Worldclim. (2020). Maps, graphs, tables, and data of the global climate. Global Climate and Weather Data.
- Young, A. (1998). *Land resources: now and for the future*. Cambridge University Press.



**Comite Editorial del  
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y  
Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ)  
PRESENTE**

Atn.:

Dr. Ariel Vázquez Elorza. CIATEJ  
Dr. Oscar Aguilar Juárez. CIATEJ

Atendiendo la invitación para dictaminar el libro "Geografía Socioeconómica e Hídrica de los Municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo, Jalisco" se externa que ha sido cuidadosamente examinado y revisado por los tres integrantes del núcleo académico del programa, en respuesta a la invitación recibida. Me es grato presentar el dictamen correspondiente.

**ANTECEDENTES**

Se convocó a cuatro miembros del Centro de Investigación y Estudios de Posgrado en Economía de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para realizar las actividades correspondientes de revisión y dictaminación.

- Dr. Adolfo Federico Herrera Garcia
- Dr. Israel Deolarte George
- Dr. Hedyliberto Castro Cuamatzin
- Dr. José Fernando Camacho Acevo

Se considera a la revisión por pares como el mecanismo más efectivo y eficaz para garantizar la calidad, confiabilidad, integridad y consistencia de la literatura académica.

Se trabajó con el firme objetivo de eliminar los sesgos, animar las opiniones honestas y enfocarse en la calidad del manuscrito, y el valor inestimable del esfuerzo de realizar la presente investigación, lograndose con ello un producto de alta calidad.

Bajo estos elementos, se trabajó aplicándose en primer lugar, una evaluación doble ciego y para el cierre una evaluación colegiada y de conjunto, a fin de emitir un dictamen único y observaciones para el libro.

Facultad  
de Economía

Av. San Claudio y 22 Sur, Col. San  
Manuel, Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 5605 y 7843

En atención a la invitación para dictaminar el libro: *Geografía socioeconómica e hídrica de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo, Jalisco* me permito presentar el dictamen correspondiente:

Después de llevar a cabo el proceso de revisión riguroso bajo los lineamientos establecidos sobre la pertinencia y calidad del producto, se concluye que el manuscrito analizado cumple con los criterios de calidad, confiabilidad, integridad y consistencia requeridos en la literatura académica. Se destaca la ausencia de sesgos y la presencia de opiniones honestas, lo que contribuye a la fortaleza y rigurosidad del producto transdisciplinario evaluado.

Se emite un dictamen positivo con relación a la calidad académica del manuscrito en cuestión.

#### Antecedentes

La investigación se enmarca en el trabajo colaborativo entre el Centro CIDIGLO CIESAS y CIATEJ CONACYT derivado del Proyecto de la Fundación Gonzalo Río Arronte: Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para mejorar la gestión y gobernanza del agua en municipios de la Red de Alcaldesas de Jalisco. Este proyecto incluyó a las regiones de Sierra de Amula y Sur de Jalisco dentro de los municipios de El Grullo, Unión de Tula y Zapotitlán de Vadillo.

Relevancia temática, originalidad e importancia en el contexto de la investigación sobre el tema:

Se realizó un análisis exhaustivo de las características territorial socioeconómica e hídrica junto con actividades de campo con actores clave realizando intercambio de experiencias y validación de información en su aplicación en los municipios de la región mencionados.

#### Aportación científica

Los resultados de la investigación permitieron identificar los principales desafíos y oportunidades para la gestión integrada del agua en la región, así como, las posibles estrategias para enfrentarlos. Asimismo, se destacó la necesidad de fomentar la participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua y promover la implementación de tecnologías y prácticas sustentables en la agricultura y otros sectores productivos. Los hallazgos de esta obra son relevantes para el diseño e implementación de políticas y programas que promuevan una gestión sostenible del agua en la región y contribuyan al bienestar de la población y al desarrollo socioeconómico de la misma.

#### Evaluación del uso y la actualización de las fuentes

Es importante mencionar que el autor también hace uso de fuentes de información primarias y secundarias más recientes y relevantes en el campo de estudio abordado garantizando una adecuada actualización del conocimiento y la inclusión de las últimas tendencias y avances en la materia. Asimismo, el autor realiza una cuidadosa selección de las fuentes de información, asegurando la confiabilidad y validez de éstas, lo que fortalece la calidad del marco teórico y la rigurosidad del estudio en general. En definitiva, la combinación de fuentes antiguas y actualizadas permite al autor construir un sólido marco teórico que fundamenta y sustenta los resultados y conclusiones obtenidos en el estudio.

**E**ste volumen es una obra importante para conocer el impacto de los cambios en los patrones climáticos sobre la producción agrícola y en el acceso que tienen los hogares al recurso hídrico. Este libro es un producto del trabajo sistemático de dos investigadores con gran experiencia en temas económicos, agrícolas, ambientales y en especial del agua. El Dr. Ariel Vázquez es egresado de la Universidad Autónoma de Chapingo, con una formación y una trayectoria que combina los estudios en economía agrícola y políticas públicas. Mientras que el Dr. Óscar Aguilar se formó en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia con un doctorado en Ingeniería de Procesos y del Ambiente experto en temas de tecnología ambiental, sustentabilidad y bioenergía.

La adecuada gestión del recurso hídrico es una prioridad sin duda, más cuando se prevé, como lo muestra la investigación que aquí presentamos, que las condiciones para acceder al agua limpia de buena calidad en la región serán más complicadas en el futuro cercano. Este volumen contribuye a fortalecer el trabajo del equipo de investigadores dedicados al proyecto y brinda un análisis de la problemática de agua actual y los retos que vienen en el futuro cercano para toda la región Sur y Sierra de Amula.

El estudio se enfoca a tres municipios de sur del estado de Jalisco, mismos que se ubican dentro de la Cuenca del Río Ayuquila - Armería. Una zona que en el pasado gozaba de buenas dotaciones de agua cuya demanda era moderada. A medida que crece la demanda del recurso hídrico y que las fuentes de agua sufren de contaminación, el estrés hídrico en la región empieza a manifestarse. La demanda de agua que proviene de actividades económicas como la agricultura, y la demanda de agua potable para el consumo humano en contextos urbanos y rurales.

El libro se divide en dos grandes secciones. La primera enfocada a presentar la caracterización económica y social de los municipios estudiados. La segunda sección trata la situación del agua en la región, apuntando a los indicadores agroclimáticos y su impacto en la producción agrícola a nivel local y regional.

Los lectores encontrarán datos valiosos y análisis riguroso de los tres municipios y de la región de la Cuenca del Río Ayuquila – Armería. El texto es escrito con un enfoque académico desde de la economía y en particular desde la geografía socioeconómica, desde esta perspectiva se realiza una investigación sobre el agua, sus variaciones, su importancia para la producción agrícola y los retos que enfrentan las poblaciones frente a un recurso sometido a diversas presiones de origen socioeconómico que a su vez inciden sobre la disponibilidad y acceso al agua en la región.

GERARDO BERNACHE PÉREZ, CIESAS