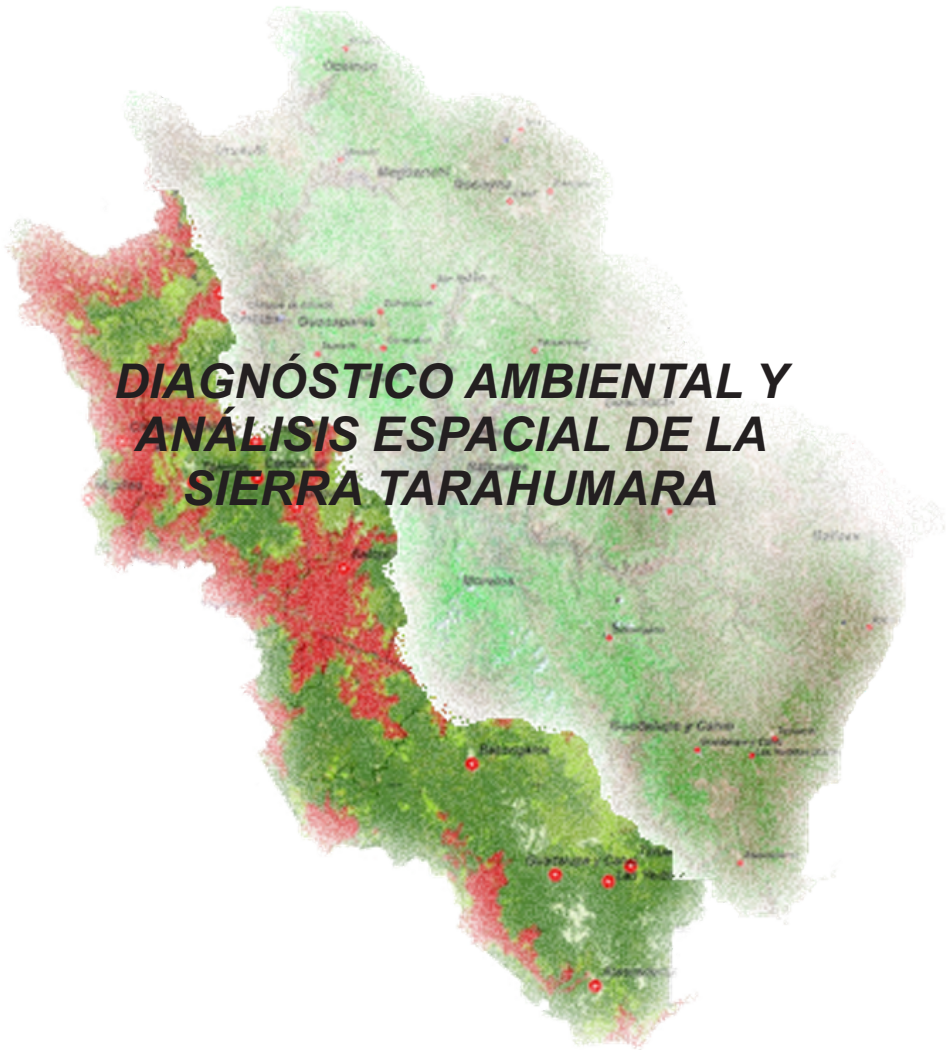




TARAHUMARA
SUSTENTABLE



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y ANÁLISIS ESPACIAL DE LA SIERRA TARAHUMARA



Diagnóstico ambiental y análisis espacial de la Sierra Tarahumara

Este material fue realizado en el marco del proyecto “Gestión integrada del territorio para la conservación de la biodiversidad en áreas de protección y producción en la Sierra Tarahumara, Chihuahua, México” conocido como “Proyecto Tarahumara Sustentable”, implementado a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y que de manera conjunta coordinan la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés), con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial GEF (por sus siglas en inglés).

Diagnóstico ambiental y análisis espacial de la Sierra Tarahumara

Derechos Reservados ®
Universidad Autónoma de Chihuahua
C. Escorza 900
Col. Centro
Chihuahua, Chih. México

Derechos Reservados ®
World Wildlife Fund (WWF) – México
Av. México
Col. Hipódromo
Chihuahua, Chih. México
06100 México, D.F.
www.wwf.org.mx

ISBN: 978-607-536-014-0
Primera Edición 2018

Coordinación general del proyecto:

Unidad de Manejo del Proyecto Tarahumara Sustentable

Editores

D. Ph. Alfredo Pinedo Alvarez

M. C. Jesús Alejandro Prieto Amparán

Revisión Técnica

Ph. D. Federico Villarreal Guerrero

Dr. Martin Martínez Salvador

D. Ph. Carmelo Pinedo Alvarez

Ph.D. Alicia Melgoza Castillo

Forma de citar:

Pinedo, A. A., J. A. Prieto, A., F. Villarreal, G., M. Martínez, Salvador., C. Pinedo, A., A. Melgoza, C. 2018. Diagnóstico ambiental y análisis espacial de la Sierra Tarahumara. Proyecto Tarahumara Sustentable. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.

El Proyecto Tarahumara Sustentable y los autores agradecen a todas las instancias, dependencias, organizaciones, académicos, consultores, técnicos y a todas las personas que participaron en las reuniones y talleres para la integración y definición de los indicadores del Sistema de Monitoreo de Datos e Información de la Sierra Tarahumara.

PRÓLOGO

La Sierra Tarahumara alberga una de las áreas boscosas más extensas de Norteamérica y cuenta con un singular y amplio sistema de profundos cañones. La heterogeneidad del paisaje y procesos naturales han resultado en una rica mezcla de ecosistemas templados y tropicales. Por lo tanto, esta ecorregión se caracteriza por su alta biodiversidad y alto número de especies endémicas. Al ser un depósito de biodiversidad global y al mismo tiempo uno de los lugares más amenazados en el mundo, la Sierra Tarahumara es parte de una zona crítica para la biodiversidad.

Desde el año 2014 se implementa el proyecto “Gestión integrada del territorio para la conservación de la biodiversidad en áreas de protección y producción en la Sierra Tarahumara, Chihuahua, México” conocido como proyecto “Tarahumara Sustentable”, propuesto por el Gobierno de la República al Consejo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial GEF (por sus siglas en inglés), que se implementa a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y que de manera conjunta coordinan la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés), con el objetivo de mejorar la sustentabilidad de sistemas de áreas protegidas e incorporar la conservación de la biodiversidad y uso sustentable en la productividad de los paisajes terrestres de la Sierra Tarahumara.

Por su parte, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuya misión es conservar el patrimonio natural de México a través de las Áreas Naturales Protegidas y otras modalidades de conservación entre ellas las Regiones Prioritarias para la Conservación y las Áreas Voluntarias destinadas para la conservación, incorporando la participación sociedad en el manejo y uso sustentable de los recursos naturales; ha realizado desde hace más de 10 años, diversos esfuerzos por la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la Sierra Tarahumara.

Una de las líneas estratégicas del Proyecto Tarahumara Sustentable es generar una base científica y herramientas para apoyar la planeación, evaluación y toma de decisiones en conservación de biodiversidad y servicios ecosistémicos a través de una “Evaluación de la Biodiversidad y del Medioambiente de la Sierra Tarahumara” (EMAB-ST) y un “Sistema de Monitoreo de Datos e Información de la Sierra Tarahumara (SMDI-ST)”. La presente obra de diagnóstico ambiental y análisis espacial de la Sierra Tarahumara es parte de los resultados obtenidos en la EMAB-ST y el SMDI-ST.

BLANCA

PRESENTACIÓN

La Sierra Tarahumara, ubicada en el estado de Chihuahua, tiene una gran importancia étnica, biológica, ecológica e hidrológica. En su biodiversidad, la flora y fauna está representada por la presencia de más de 2000 especies de plantas vasculares, 27 especies de pino, 33 especies de encino y 100 especies de mamíferos. Además de sus diversos servicios ecosistémicos, sus recursos naturales sustentan actividades económicas importantes como el aprovechamiento forestal, el turismo y la industria extractiva de minerales, entre otros. Esta última actividad tiene una creciente expansión con impactos importantes en el paisaje forestal y en la economía de las localidades. Estas características han traído una rápida transformación socioeconómica que está cambiando en forma gradual la estructura del ecosistema forestal. Esta transformación ha sido impulsada, en gran parte, por las demandas de productos y alimentos de la población, ampliación de la infraestructura para dar cabida a las actividades de los sectores de producción, otros impactos antrópicos y cambio climático. Por ello, distintas localidades de la Sierra Tarahumara tienen diferentes fuentes de degradación. Entre los factores más importantes están: la fragmentación forestal, erosión, factores económicos y sociales como la marginación, la pobreza, salud, los problemas de tenencia de la tierra, la inestabilidad política y su mala administración y el uso inapropiado de la tierra. En este contexto, es necesario utilizar y en su caso generar mecanismos y herramientas que proporcionen información sobre la condición y/o tendencia de estos atributos considerados como relevantes en el sistema. Estas herramientas deben también dar información para el proceso de toma de decisiones.

Los indicadores son herramientas de evaluación práctica de decisiones políticas con definiciones operacionales. Proveen información rápida y fácil sobre la condición o estado de un objeto de interés por lo que son ampliamente utilizados en políticas públicas y ambientales. El continuo proceso de identificación y selección de indicadores es crucial para la conducción de procesos de monitoreo para generar información que permita orientar el rumbo del sistema bajo manejo. Su eficiencia se fundamenta en la disponibilidad de información de línea base. En algunos casos claves es necesario realizar investigaciones propias para construir indicadores que midan el grado de avance hacia el objetivo del desarrollo sostenible.



Localización del Proyecto Tarahumara Sustentable

El alcance geográfico del Proyecto Tarahumara Sustentable incluye 12 municipios de la Sierra Tarahumara en el estado de Chihuahua, cubriendo un área de 41,268 Km² de ecosistemas de alta biodiversidad, en su mayoría pino de montaña, pino-encino y bosque tropical caducifolio, claves para proporcionar servicios ecosistémicos para las comunidades locales y amplias áreas de Chihuahua así como a otros estados del noroeste de México.

SIMBOLOGÍA

- Tarahumara Sustentable
- Municipios del Proyecto
- División Estatal
- Zona Urbana
- Carretera de terracería
- Carretera pavimentada



Sistema de coordenadas:
 Proyección: Cónica Conforme de Lambert.
 Datum: ITRF 1992.
 Elipsoide: GRS 1980.

Elaborado con base en:
 Marco Geoestadístico Nacional 6.0, INEGI 2013.
 Red Nacional de Caminos, INEGI 2014.
 Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0, INEGI 2013.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| I. Balleza | 1 |
| 1.1 Localización | 1 |
| 1.2 Socioeconomía | 2 |
| 1.3 Topografía..... | 3 |
| 1.4 Clima | 3 |
| 1.5 Uso de Suelo..... | 4 |
| 1.6 Análisis de la Fragmentación del ecosistema del municipio .5 | 5 |
| 1.7 Índice de Disturbio (ID) | 6 |
| II. Batopilas | 7 |
| 2.1 Localización | 7 |
| 2.2 Socioeconomía | 8 |
| 2.3 Topografía..... | 9 |
| 2.4 Clima | 9 |
| 2.5 Uso de Suelo..... | 10 |
| 2.6 Análisis de la Fragmentación | 11 |
| III. Bocoyna | 13 |
| 3.1 Localización | 13 |
| 3.2 Socioeconomía | 14 |
| 3.3 Topografía..... | 15 |
| 3.4 Clima | 15 |
| 3.5 Uso de suelo | 16 |
| 3.6 Análisis de la Fragmentación | 17 |
| 3.7 Índice de Disturbio (ID) | 18 |
| IV. Chínipas | 19 |
| 4.1 Localización | 19 |
| 4.2 Socioeconomía | 20 |
| 4.3 Topografía..... | 21 |
| 4.4 Clima | 21 |
| 4.5 Uso de suelo | 22 |
| 4.6 Análisis de la Fragmentación | 23 |
| 4.7 Índice de Disturbio (ID) | 24 |

| | |
|--|----|
| V. Guachochi | 25 |
| 5.1 Localización | 25 |
| 5.2 Socioeconomía | 26 |
| 5.3 Topografía | 27 |
| 5.4 Clima | 27 |
| 5.5 Uso de Suelo..... | 28 |
| 5.6 Análisis de la Fragmentación | 29 |
| 5.7 Índice de Disturbio (ID) | 30 |
| VI. Guadalupe y Calvo..... | 31 |
| 6.1 Localización | 31 |
| 6.2 Socioeconomía | 32 |
| 6.3 Topografía..... | 33 |
| 6.4 Clima | 33 |
| 6.5 Uso de Suelo..... | 34 |
| 6.6 Análisis de la Fragmentación | 35 |
| 6.7 Índice de Disturbio (ID) | 36 |
| VII. Guazapares..... | 37 |
| 7.1 Localización | 37 |
| 7.2 Socioeconomía | 38 |
| 7.3 Topografía..... | 39 |
| 7.4 Clima | 39 |
| 7.5 Uso de suelo..... | 40 |
| 7.6 Análisis de la Fragmentación | 41 |
| 7.7 Índice de Disturbio (ID) | 42 |
| VIII. Maguarichi | 43 |
| 8.1 Localización | 43 |
| 8.2 Socioeconomía | 44 |
| 8.3 Topografía..... | 45 |
| 8.4 Clima | 45 |
| 8.5 Uso de suelo..... | 46 |
| 8.6 Análisis de la Fragmentación | 47 |
| 8.7 Índice de Disturbio (ID) | 48 |

| | |
|---|----|
| IX. Morelos | 49 |
| 9.1 Localización | 49 |
| 9.2 Socioeconomía | 50 |
| 9.3 Topografía..... | 51 |
| 9.4 Clima | 51 |
| 9.5 Uso de suelo..... | 52 |
| 9.6 Análisis de la Fragmentación..... | 53 |
| 9.7 Índice de Disturbio (ID)..... | 54 |
| X. Ocampo | 55 |
| 10.1 Localización | 55 |
| 10.2 Socioeconomía | 56 |
| 10.3 Topografía..... | 57 |
| 10.4 Clima..... | 57 |
| 10.5 Uso de Suelo..... | 58 |
| 10.6 Análisis de la Fragmentación | 59 |
| XI. Urique | 61 |
| 11.1 Localización | 61 |
| 11.2 Socioeconomía | 62 |
| 11.3 Topografía..... | 63 |
| 11.4 Clima..... | 63 |
| 11.5 Uso de Suelo..... | 64 |
| 11.6 Análisis de la Fragmentación | 65 |
| 11.7 Índice de Disturbio (ID)..... | 66 |
| XII. Uruachi | 67 |
| 12.1 Localización | 67 |
| 12.2 Socioeconomía | 68 |
| 12.3 Topografía..... | 69 |
| 12.4 Clima..... | 69 |
| 12.5 Uso de suelo | 70 |
| 12.6 Análisis de la Fragmentación | 71 |
| 12.7 Índice de Disturbio (ID)..... | 72 |

| | |
|--|----|
| XIII. Diagnóstico general de la Sierra Tarahumara | 72 |
| 13.1 Generación de Usos de Suelo | 73 |
| 13.1.1 Composición de bandas | 73 |
| 13.1.2 Clasificación de uso de suelo | 74 |
| 13.2 Cambios de Usos de Suelo en la Sierra Tarahumara..... | 76 |
| 13.3 Análisis de Fragmentación..... | 78 |
| 13.4 Análisis de Disturbio Forestal | 82 |
| 14. Bibliografía..... | 84 |

I. Balleza

1.1 Localización

El municipio de Balleza se ubica entre los paralelos 1691278.49 y 1579262.16 latitud norte; los meridianos 2012606.3 y 2096637.8 de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Guachochi, Nonoava, Rosario y El Tule; al este con los municipios de El Tule, San Francisco del Oro y el estado de Durango; al sur con la zona interestatal Chihuahua-Durango y el municipio de Guadalupe y Calvo; al oeste con los municipios de Guadalupe y Calvo y Guachochi. Ocupa el 2.2% de la superficie del estado (Figura 1).



Figura 1. Localización del municipio de Balleza en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”

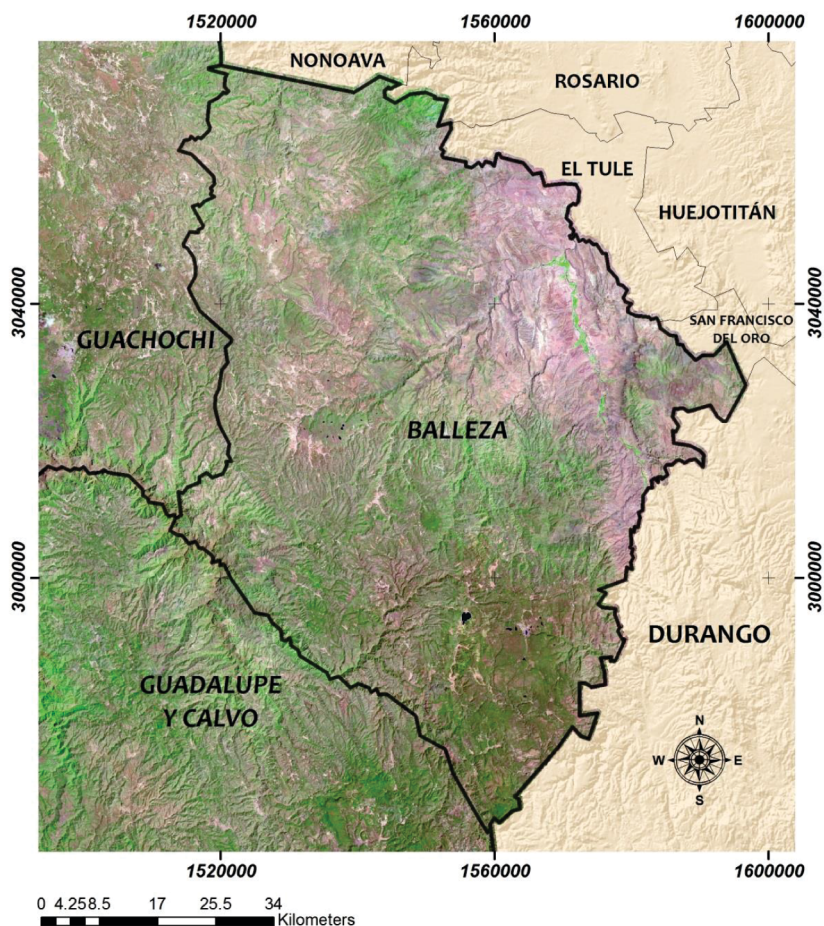


Figura 2. Imagen satelital compuesta del municipio de Balleza; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

1.2 Socioeconomía

El municipio de Balleza en general está dividido en dos zonas, la serrana y la dominada por comunidades de pastizal. Sin embargo, la pobreza y la desigualdad social están presentes en todo el municipio. De acuerdo con datos generados del proyecto del “Sistema de Monitoreo de datos e Información de la Sierra Tarahumara”, el municipio posee un índice de marginación moderadamente bajo.

1.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 1,120 y 2,978 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las sub provincias Gran Meseta, Cañones Chihuahuenses, Sierras y Llanuras de Durango. El sistema de toposformas incluye meseta con lomeríos (60.5%), Meseta con cañadas (21. 2%), Sierra baja (7.1%), Sierra alta con cañones (4.7%), Valle abierto de montaña con mesetas (4.1%), Valle intermontano con pequeños lomerío (1.2%), Lomerío con cañadas (1.1%) y Valle abierto de montaña (0.1%). Ver **Figura 3**.

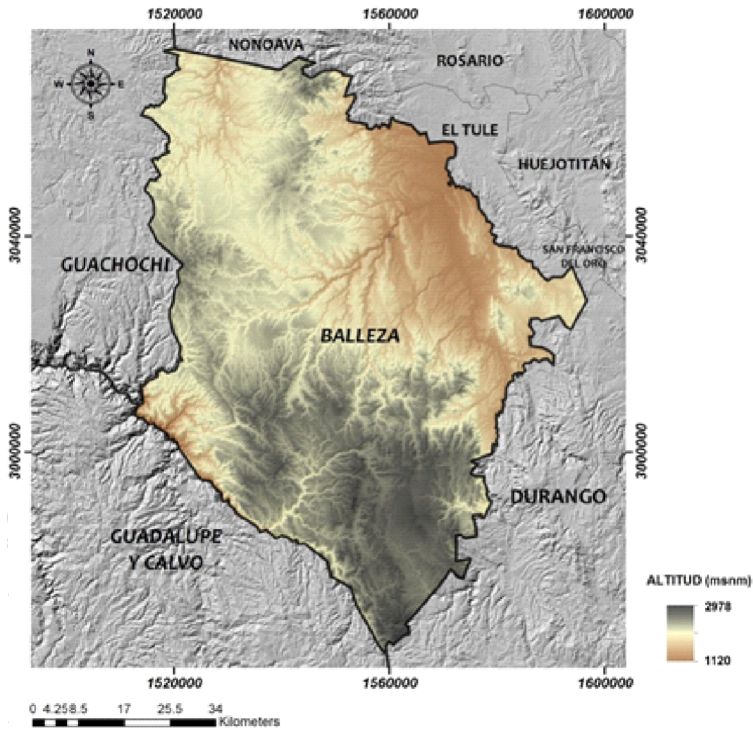


Figura 3. Distribución altitudinal del municipio de Balleza. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

1.4 Clima

La temperatura oscila entre los 8 y 20 °C. La precipitación media 700 milímetros anuales. Cuenta con clima subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, semiseco templado y templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad.

1.5 Uso de Suelo

Predomina el bosque de pino-encino, bosque de pino y el bosque de encino, con elementos de escasa altura y muy abiertos, en donde se pueden encontrar asociaciones de *Quercus emory*, *Pinus cembroides* y presencia de *Pinus chihuahuana* y *Juniperus deppeana*. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son la agricultura de riego, agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque bajo-abierto, cuerpos de agua, pastizal natural, selva baja caducifolia hacia la parte sur-oeste y vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino (Figura 4).

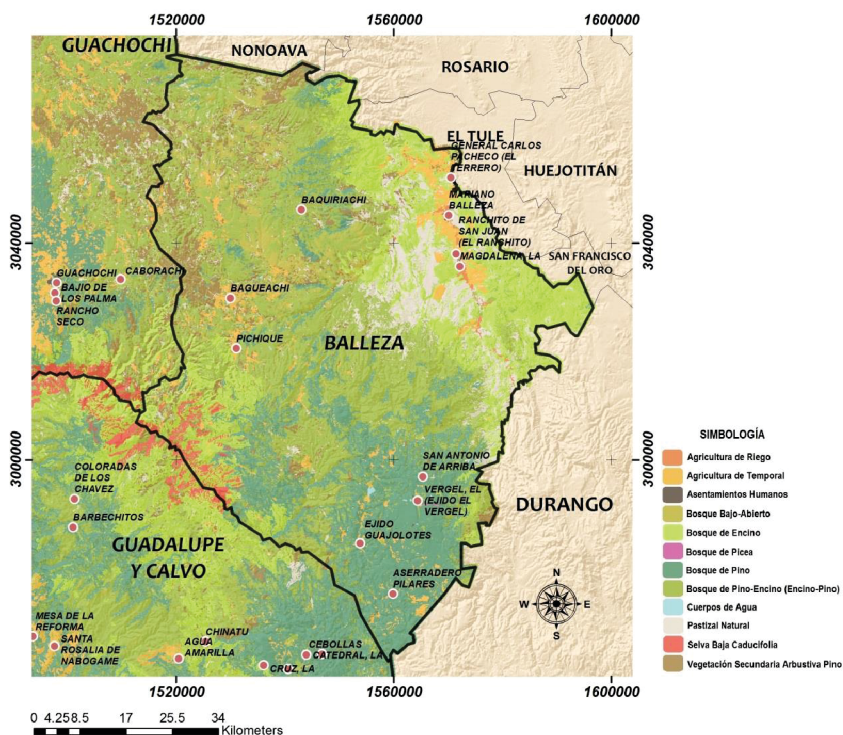


Figura 4. Distribución del uso del suelo del municipio de Balleza. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

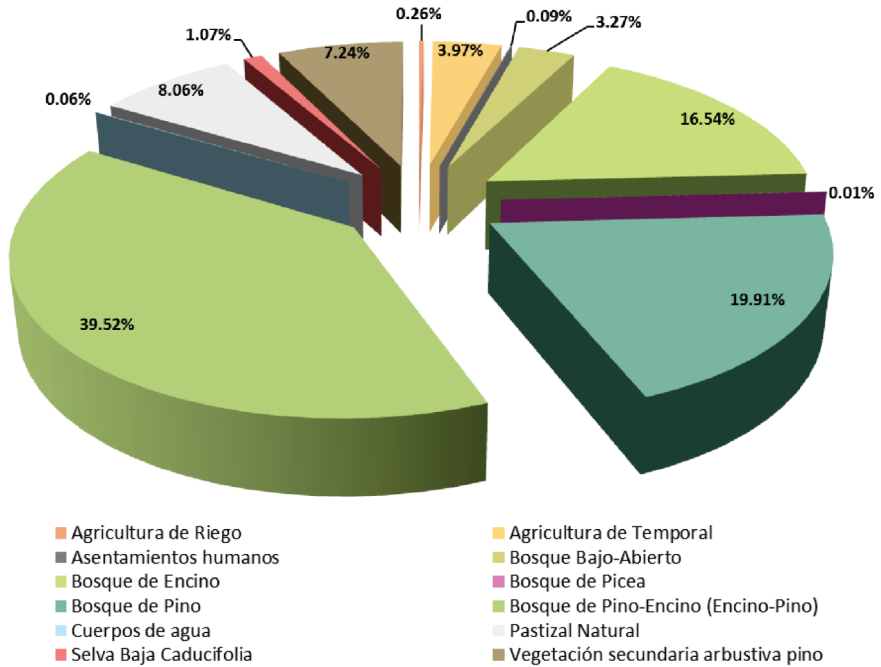


Gráfico 1. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Balleza.

El municipio se encuentra dominado por la clase de bosque de pino-encino (encino-pino), este uso de suelo se distribuye en el municipio de Balleza con una superficie de 213,490.51 ha, seguido de bosque de pino con 107,399.94 ha y de bosque de encino con 89,845.13 ha.

1.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Balleza está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación (248,550.95 ha), seguidas las áreas con valor medio (238,565.58 ha), y finalmente las de alto índice de fragmentación ocupan 45,467.25 ha del territorio de Balleza.

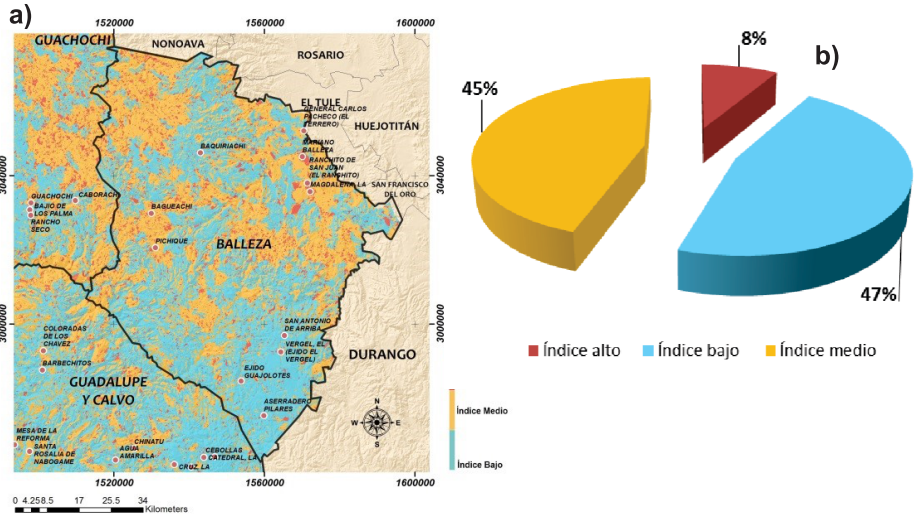


Figura 5. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Balleza, b) el gráfico 2, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas.

1.7 Índice de Disturbio (ID)

En el municipio se presenta un nivel de disturbio en tres niveles. El disturbio forestal medio tiene mayor distribución en el municipio con 354, 690 ha (Figura 7).

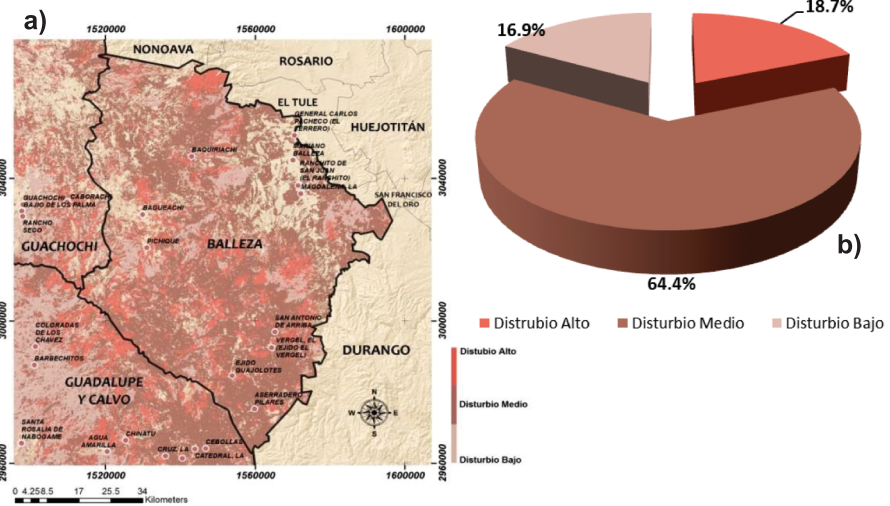


Figura 7. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) El gráfico 3 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Balleza.

II. Batopilas

2.1 Localización

El municipio se ubica en los paralelos 1708752.85 y 1626070.54 norte y 1902073.67 y 1972520.01 oeste colindando al norte con los municipios de Urique y Guachochi; al este con el municipio de Guachochi; al sur con el municipio de Morelos; al oeste con el estado de Sinaloa y el municipio de Urique. Ocupa el 0.9% de la superficie del estado. (Figura 1).

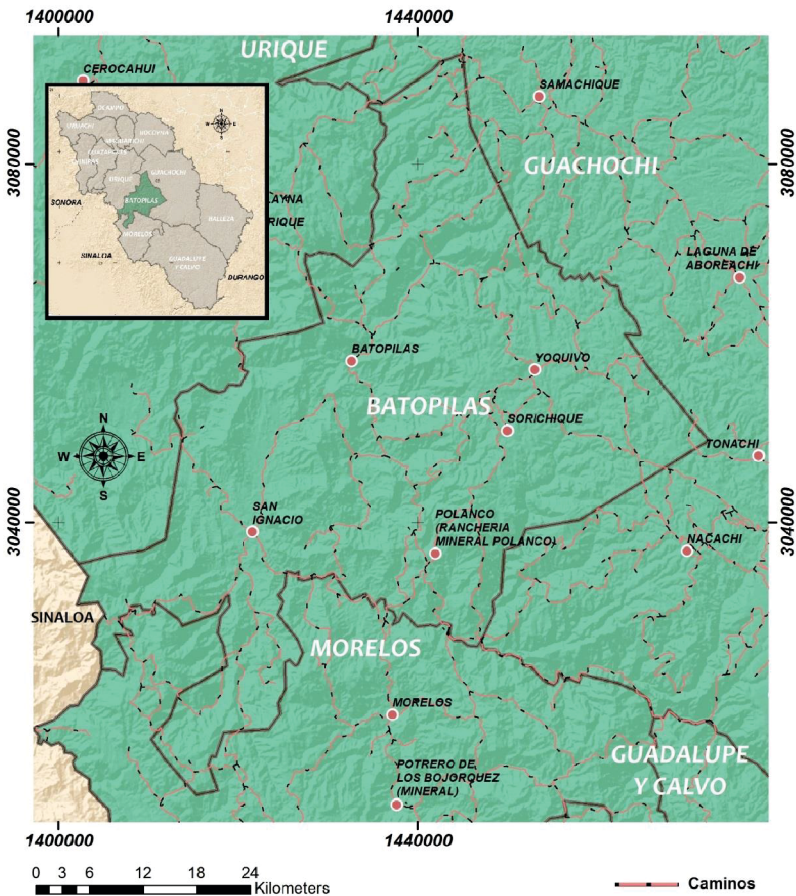


Figura 8. Localización del municipio de Batopilas en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

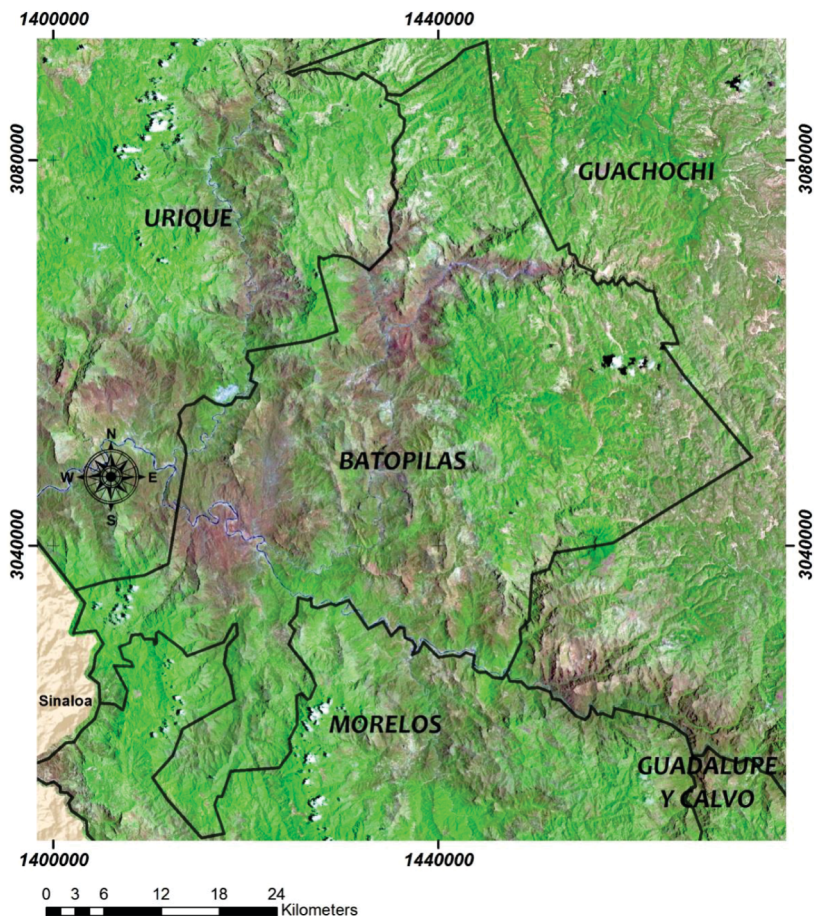


Figura 9. Imagen satelital compuesta del municipio de Batopilas; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

2.2 Socioeconomía

El municipio de Batopilas está considerado como uno de los más marginados en el estado de Chihuahua, ocupando un índice de rezago social que va desde 2.55 a 3.4, siendo el más alto de todos los municipios del estado. Por otro lado, su índice de marginación también lo coloca con un nivel alto de 2.56 a 3.94. Los principales problemas que enfrenta el municipio es la escases de proyectos productivos, servicios básicos de salud, educación.

2.3 Topografía

Se ubica entre los paralelos $26^{\circ} 35'$ y $27^{\circ} 17'$ de latitud norte; los meridianos $107^{\circ} 20'$ y $108^{\circ} 03'$ de longitud oeste. El rango de altitud va desde los 277 y 2,752 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las subprovincias Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses (100 %). El sistema de topoformas incluye Sierra alta con cañones (78.1 %) y Superficie de gran meseta con cañadas (21.9 %).

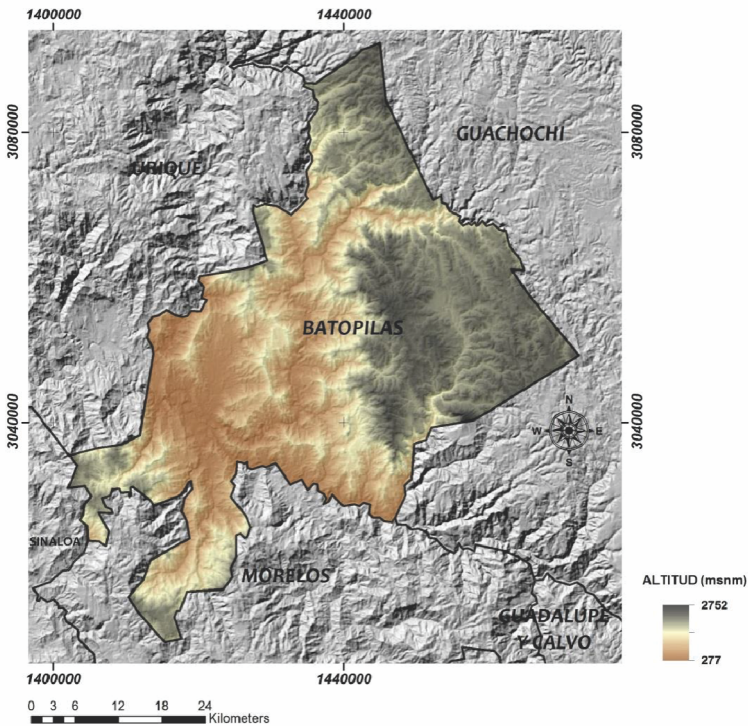


Figura 10. Distribución altitudinal del municipio de Batopilas. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

2.4 Clima

La temperatura oscila entre los 10 y 26 °C. La precipitación va desde 500 a 1,200 milímetros anuales. Cuenta con clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, semiseco muy cálido y cálido, semiseco semicálido, templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, templado subhúmedo con lluvias en

verano, de mayor humedad y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media.

2.5 Uso de Suelo

En el municipio se presenta predominantemente un contraste entre la selva baja caducifolia y el bosque de pino debido al pronunciado gradiente altitudinal, con bosque de pino-encino como estructura vegetal de transición. En la región se practica la agricultura de temporal, la actividad pecuaria extensiva y el aprovechamiento forestal doméstico de especies como *Lysiloma microphyllum*, *Bursera laxiflora* que comparten el ecosistema con otras como *Ceiba acuminata* y *Pachycereus sp.* Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio en menor proporción son: asentamientos humanos, bosque de encino, cuerpos de agua, pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de pino.

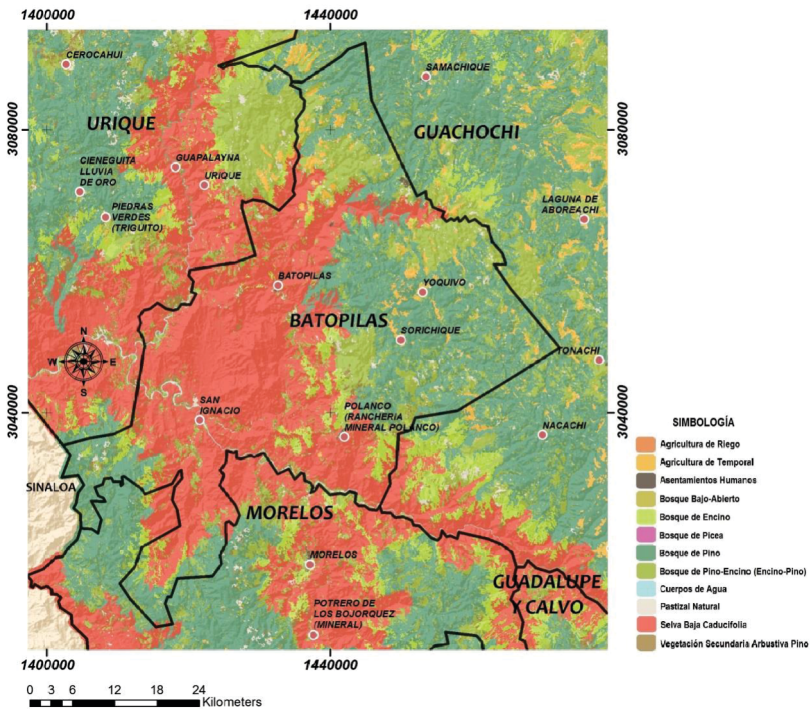


Figura 11. Distribución del uso del suelo del municipio de Batopilas. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

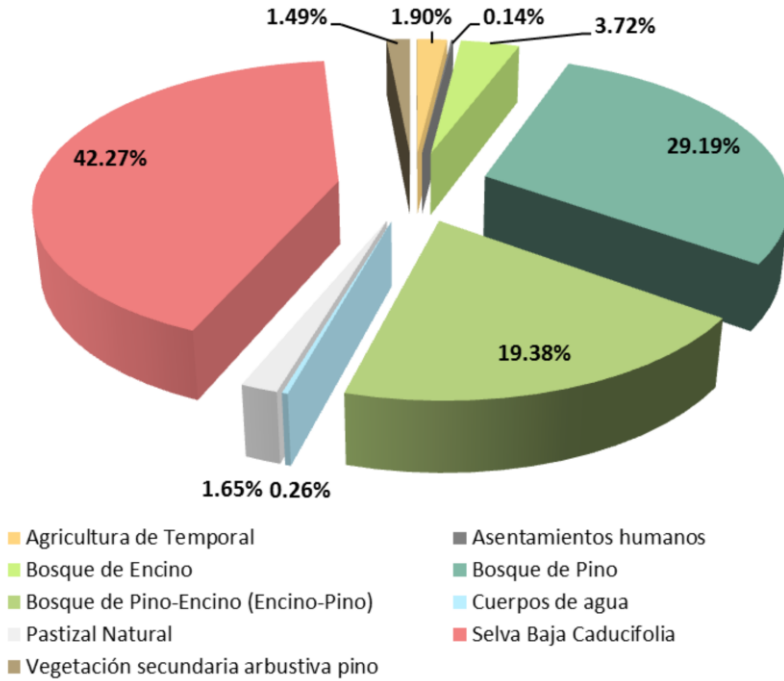


Gráfico 4. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Batopilas.

La clase de selva baja caducifolia se distribuye en el municipio de Batopilas con una superficie de 100,425 ha, seguido de bosque de pino con 71,924 ha y bosque de pino-encino (encino-pino) con 47,218 ha.

2.6 Análisis de la Fragmentación

Los procesos de fragmentación del ecosistema en el municipio de Batopilas está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación (114,320), las áreas con un nivel medio cuentan con una superficie de 93,620 ha, mientras que el 7 % se encuentran con un nivel bajo. Ver **Figura 12**.

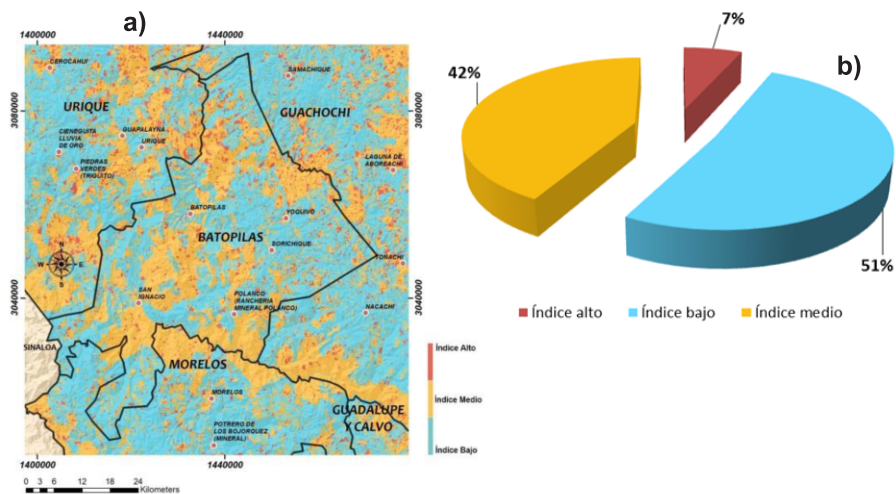


Figura 12. a) Mapa de los niveles de fragmentación en el municipio de Batopilas, b) el Gráfico 5, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas en Batopilas.

2.7 Índice de Disturbio (ID)

Las condiciones de disturbio forestal con que cuenta el municipio el bajo nivel tiene mayor distribución con 185,517 ha. (Figura 13).

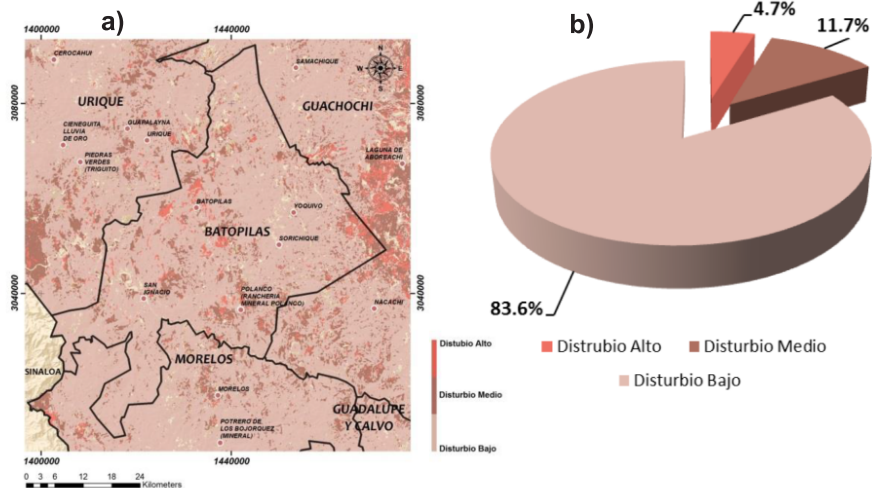


Figura 13. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) El Gráfico 6 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Batopilas.

III. Bocoyna

3.1 Localización

El municipio de Bocoyna se ubica entre los paralelos 1793006.97 y 1728189.39 de latitud norte; los meridianos 1912416.81 y 1986502.5 de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Ocampo, Guerrero y Carichí; al este con los municipios de Carichí y Guachochi; al sur con los municipios de Guachochi y Urique; al oeste con los municipios de Urique, Maguarichi y Ocampo. Ocupa el 1.1% de la superficie del estado (Figura 14).

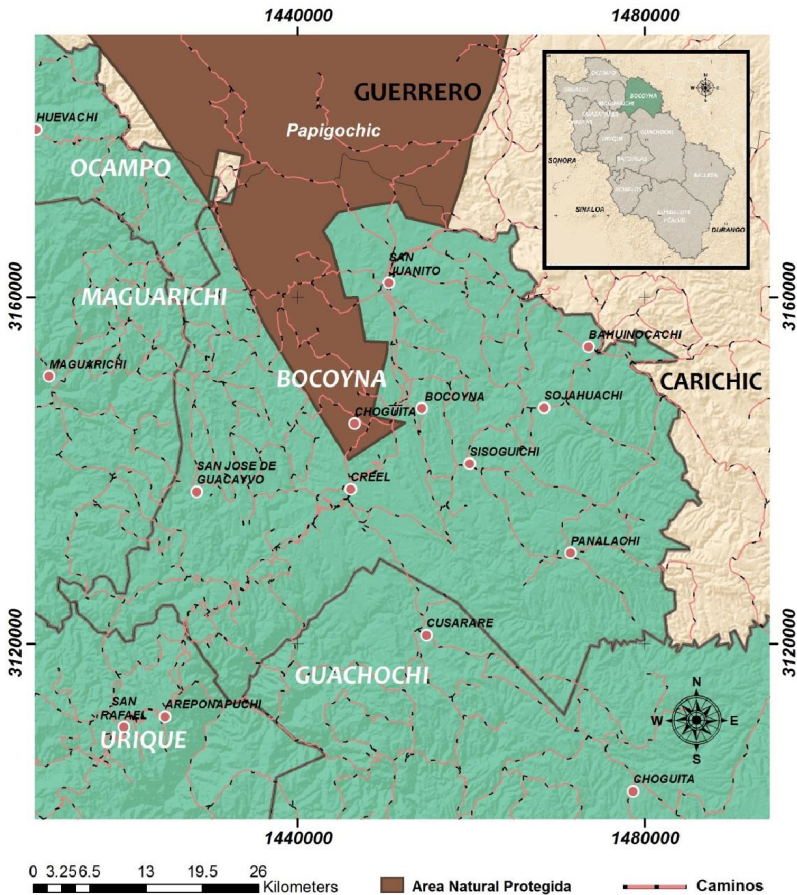


Figura 14. Localización del municipio de Bocoyna en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.



Figura 15. Imagen satelital compuesta del municipio de Bocoyna; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

3.2 Socioeconomía

La educación que se imparte es a nivel preescolar, primaria, media básica y media superior. La actividad económica de Bocoyna gira en torno a las actividades principalmente forestales, en conjunto, ocupan casi la totalidad del empleo y generan la gran mayoría de los ingresos. La región se encuentra entre los municipios que cuentan con un índice de rezago social que varía de 0.78 a 0.88 cifra que lo coloca de los más bajos de la Sierra Tarahumara, al igual que su índice de marginación con valores de 0.36 a 0.43.

3.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 962 y 2,852 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las subprovincias Gran meseta y cañones Chihuahuenses (97.6%) y Sierras y cañadas del Norte (2.4%). El sistema de topoformas incluye gran meseta con cañadas (88.4%), Sierra alta con cañones (5.5%), Valle intermontano con lomerío (3.7%) y Sierra baja con cañadas (2.4%).

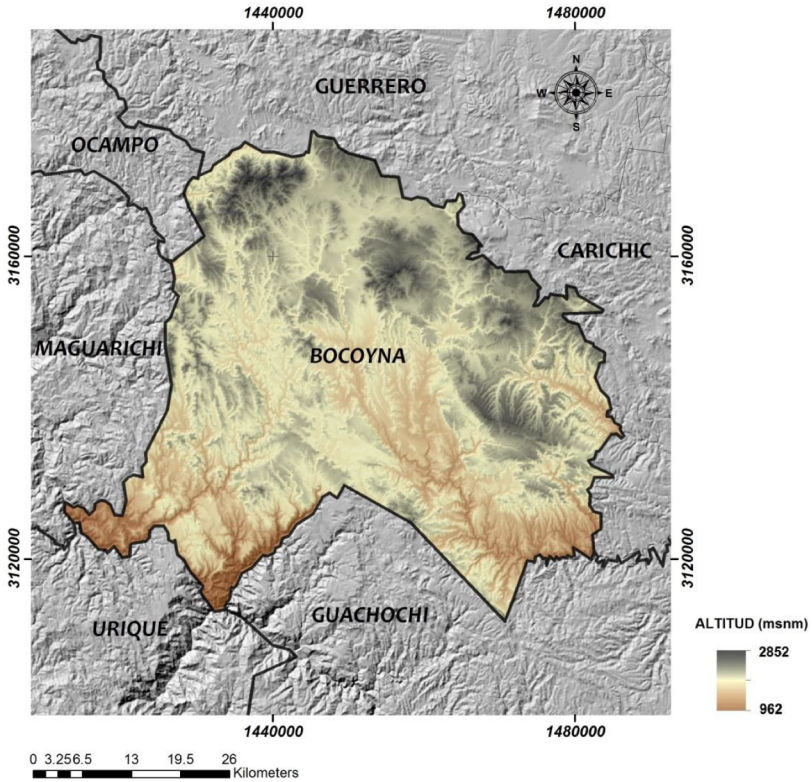


Figura 16. Distribución altitudinal del municipio de Bocoyna. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

3.4 Clima

La temperatura oscila entre los 8 y 22 °C. La precipitación media es de 800 milímetros anuales. Cuenta con clima principalmente Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media.

3.5 Uso de suelo

Predomina el bosque de pino y el bosque de pino-encino. La agricultura de temporal se presenta en las partes bajas de dicho bosque. Es una región de fuerte aprovechamiento forestal principalmente, de especies como *Pinus engelmannii*, *P. arizonica* y *P. duranguensis*. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son los asentamientos humanos, el bosque de encino, pequeñas áreas de bosque de Picea, cuerpos de agua, pastizal natural, selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de pino.

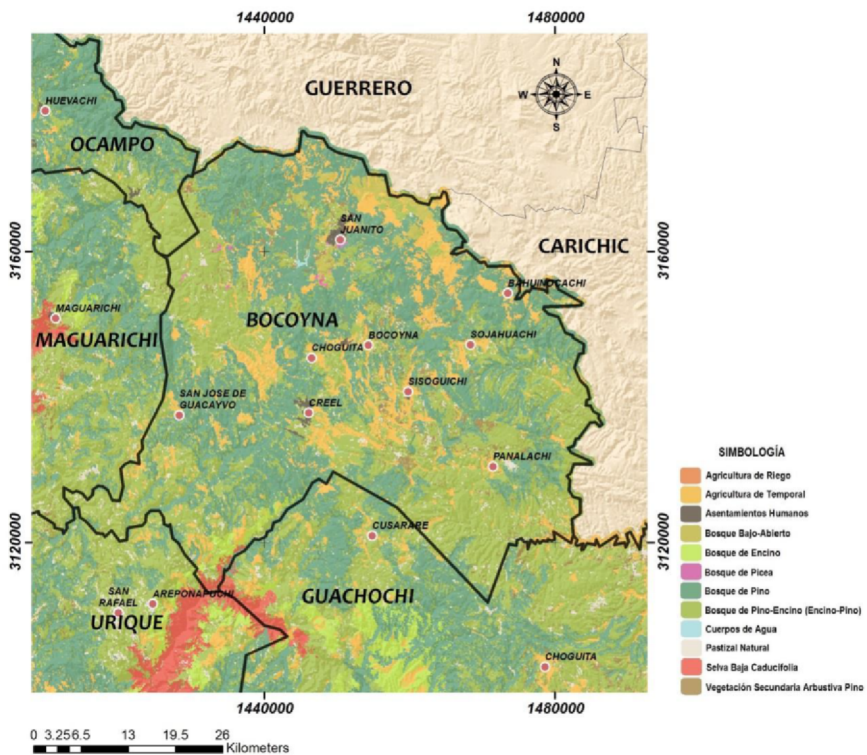


Figura 17. Distribución del uso del suelo del municipio de Bocoyna. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

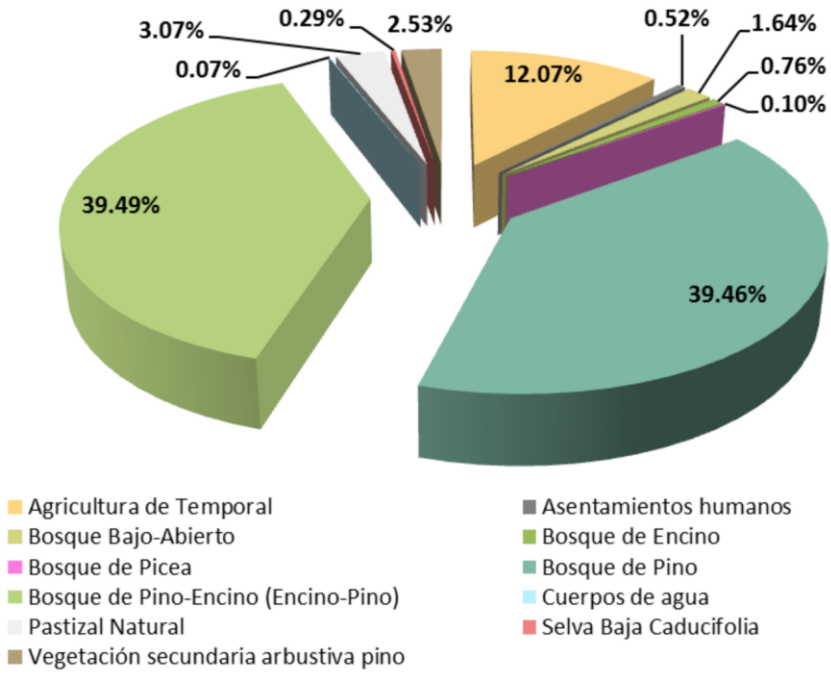


Gráfico 7. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Bocoyna.

En el municipio de Bocoyna predomina la vegetación de bosque de pino-encino (encinopino) con una superficie de 113,340 ha, siguiéndole bosque de pino con 113,036 ha.

3.6 Análisis de la Fragmentación

Áreas con medio índice de fragmentación cubren una superficie de 127,769 ha, seguido por áreas de bajo índice de fragmentación con 107,166 ha con alto índice de fragmentación una superficie de 32,950 ha siendo este el de menor distribución. Ver **Figura 18**.

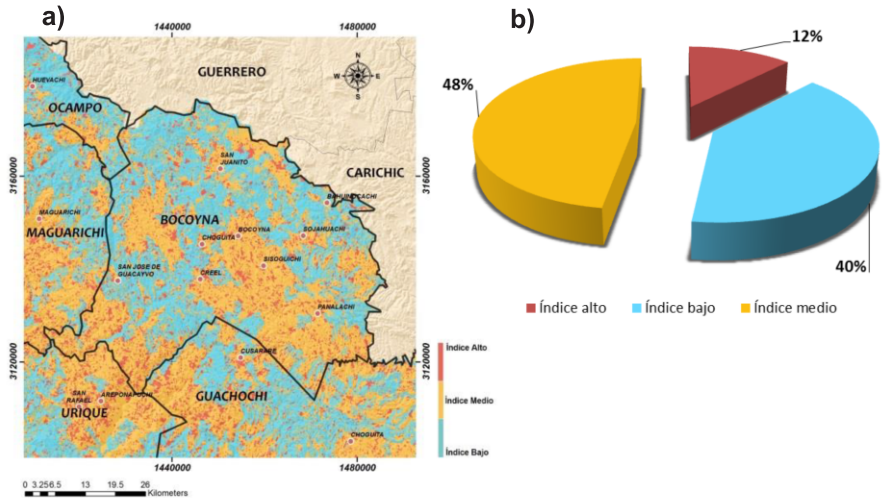


Figura 18. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Bocoyna, b) el gráfico 8, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Bocoyna.

3.7 Índice de Disturbio (ID)

El área presenta algunos niveles de disturbio, El disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 131,454 ha.

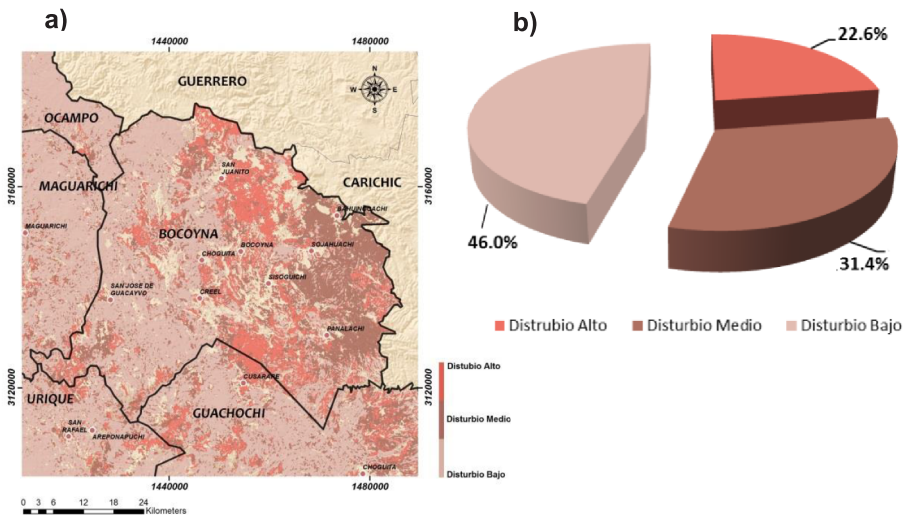


Figura 19. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) gráfico 9 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Balleza.

IV. Chínipas

4.1 Localización

Chínipas se ubica entre los paralelos 1763259.11 y 1673560.02 de latitud norte; los meridianos 1837081.05 y 1874866.7 de longitud oeste Colinda al norte con el municipio de Uruachi; al este con los municipios de Uruachi y Guazapares; al sur con el municipio de Guazapares y los estados de Sinaloa y Sonora; al oeste con el estado de Sonora y el municipio de Uruachi. Ocupa el 0.7 % de la superficie del estado.



Figura 20. Localización del municipio de Chínipas en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

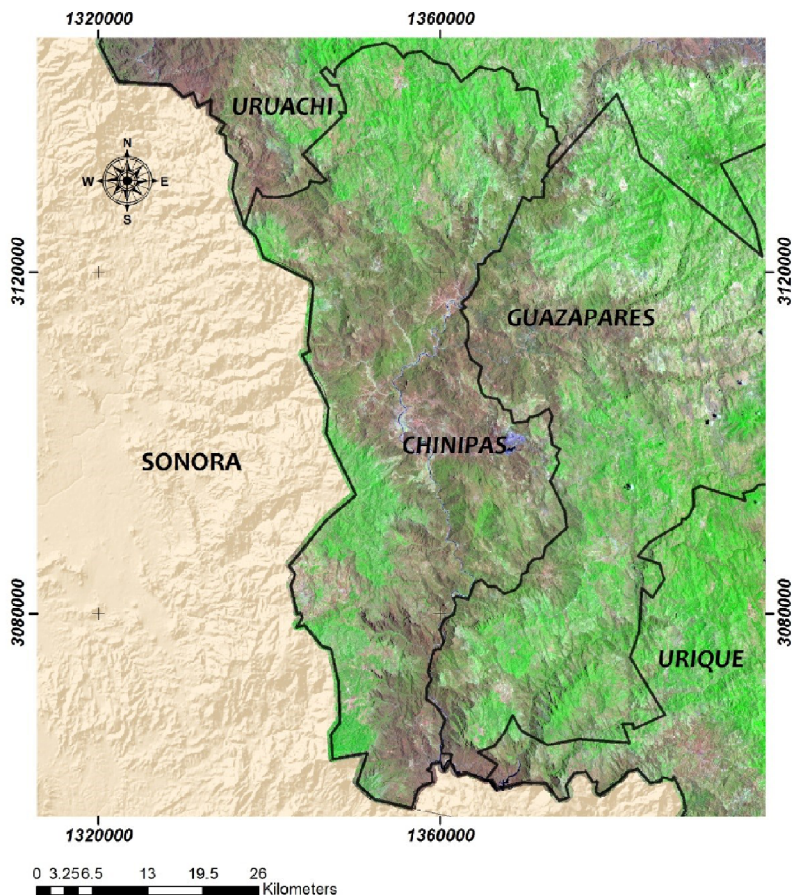


Figura 21. Imagen satelital compuesta del municipio de Chínipas; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

4.2 Socioeconomía

La educación abarca los niveles de preescolar, primaria y media básica, cubriendo en lo general, las necesidades de la población en edad escolar. Habitan en el municipio grupos de Tarahumaras y Guarojíos que fabrican diversas artesanías. La agricultura es la principal actividad económica ya que la gran mayoría de la población económicamente activa del municipio se dedica a esta actividad. Su índice de rezago social oscila del 0.88 al 1.48 el cual lo coloca en un índice moderadamente bajo. Su índice de marginación es medio 1.13.

4.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 145 y 2,345 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las subprovincias Gran meseta y cañones Chihuahuenses (100%). El sistema de topoformas incluye Sierra alta con cañones (99.5%) y superficie de Gran meseta con cañadas (0.5%).

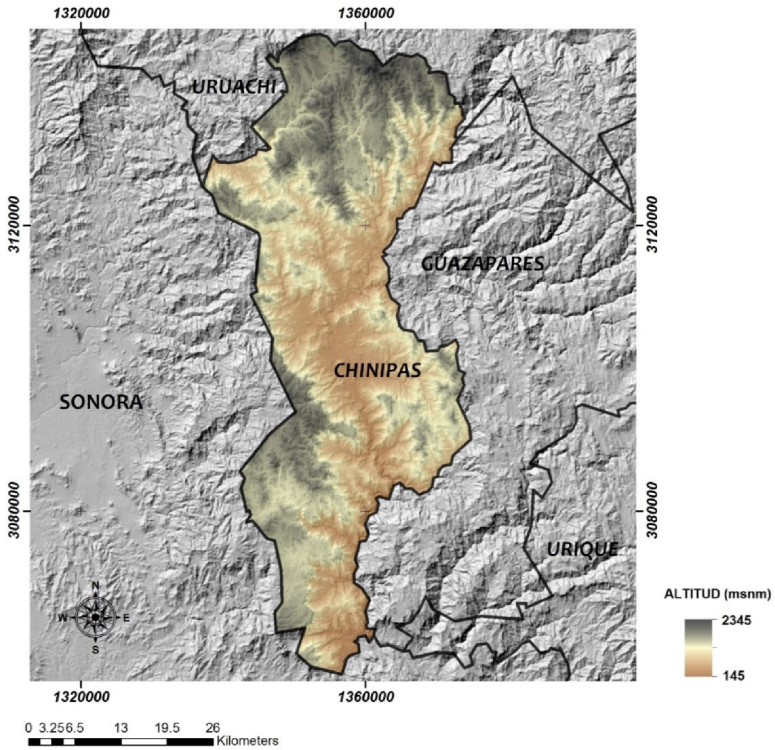


Figura 22. Distribución altitudinal del municipio de Chínipas. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

4.4 Clima

La temperatura oscila entre los 14 y 24 °C. La precipitación media es de 700 milímetros anuales. Cuenta con clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad.

4.5 Uso de suelo

Predomina la selva baja caducifolia en donde se encuentran diversas especies de *Lysiloma* y *Bursera*, al norte del municipio domina una porción de bosque de pino-encino. El aprovechamiento del suelo corresponde principalmente a la agricultura de temporal y actividades de minería. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son el bosque de encino, bosque de pino, cuerpos de agua, pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de pino.

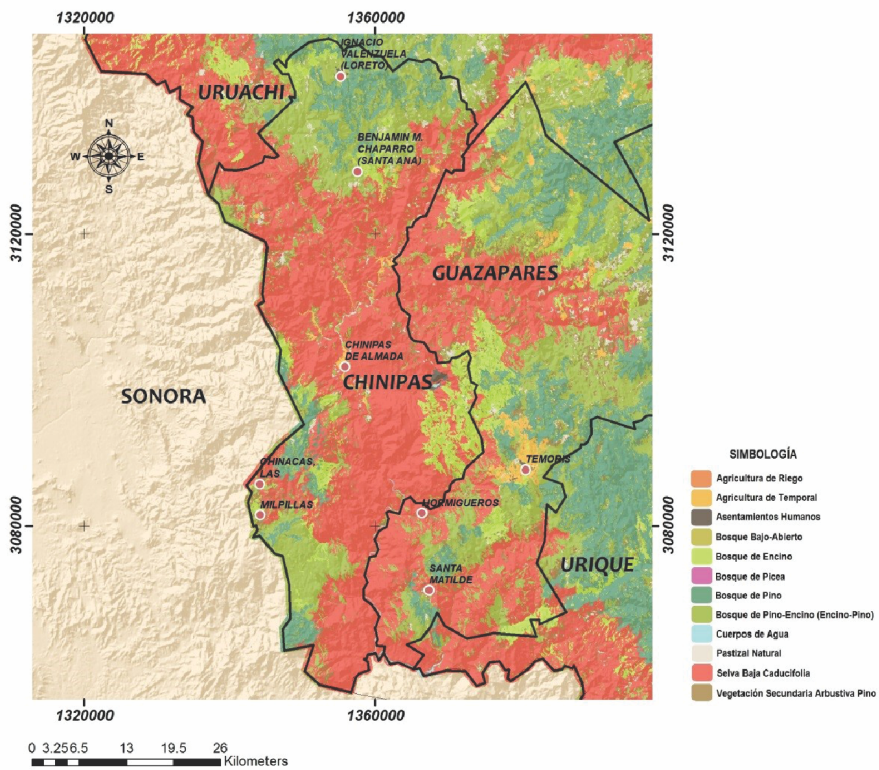


Figura 23. Distribución del uso del suelo del municipio de Chínipas. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

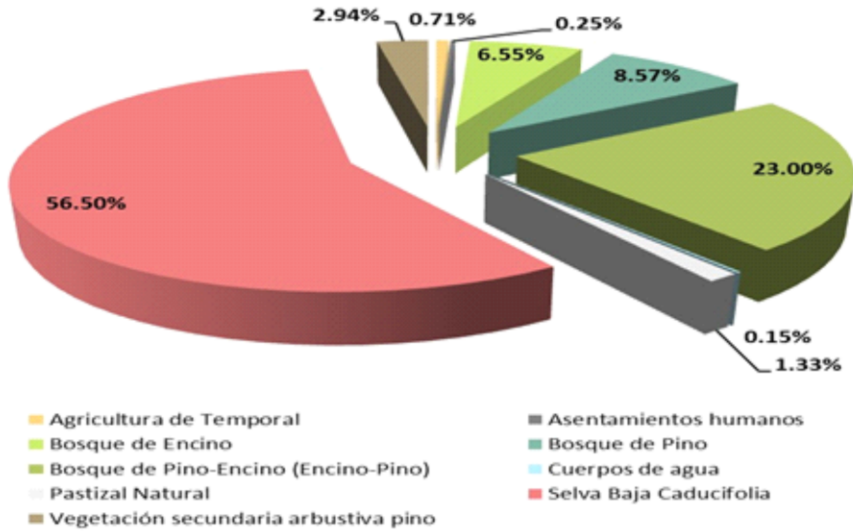


Gráfico 10. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Chínipas.

En el municipio de Chínipas la clase de uso de suelo dominante es selva baja caducifolia con 110,702 ha, también se distribuye la clase de bosque de pino-encino (encino-pino) con 46,258 ha y bosque de pino con 17,381 ha.

4.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Chínipas está conformada por áreas de medio índice de fragmentación 93,560 y áreas con bajo índice de fragmentación con una superficie de 76,145 ha.

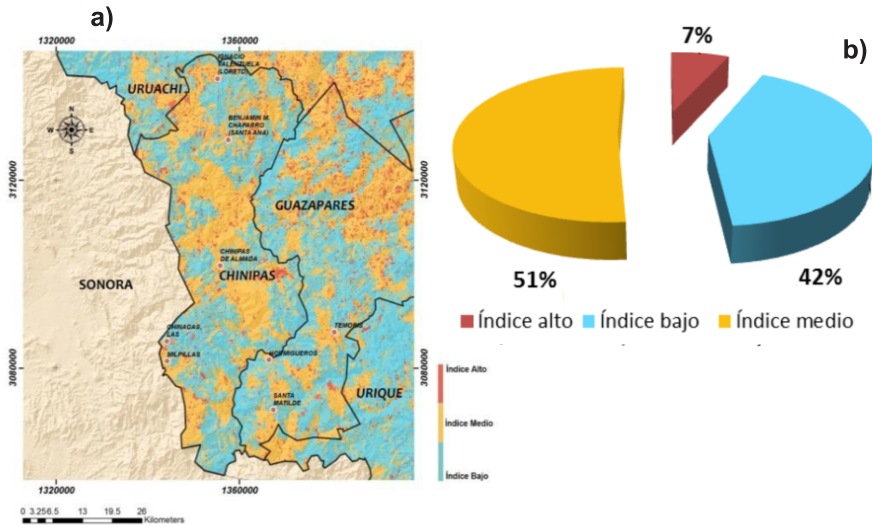


Figura 24. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Chínipas, b) el gráfico 11, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas.

4.7 Índice de Disturbio (ID)

De acuerdo con los resultados del análisis del índice de disturbio forestal la región presenta un nivel bajo de disturbio contando esta clase con una superficie de 96,298 ha.

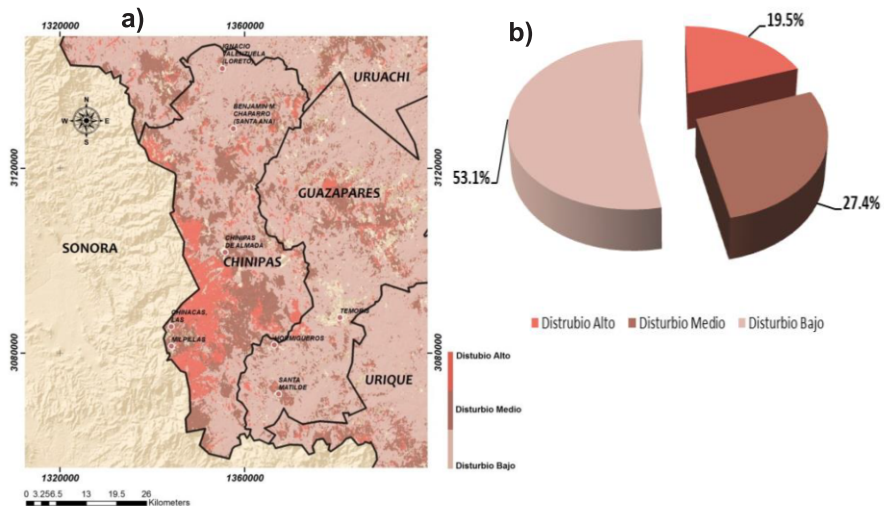


Figura 25. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) el gráfico 12 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Chínipas.

V. Guachochi

5.1 Localización

El municipio de Guachochi se ubica entre los paralelos 1746199.69 y 1625097.33 de latitud norte; los meridianos 1924276.10 y 2021595.90 de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Bocoyna y Carichí; al este con los municipios de Carichí, Nonoava y Balleza; al sur con los municipios de Balleza, Guadalupe y Calvo, Morelos y Batopilas; al oeste con los municipios de Batopilas, Urique y Bocoyna. Ocupa el 2.8% de la superficie del estado.

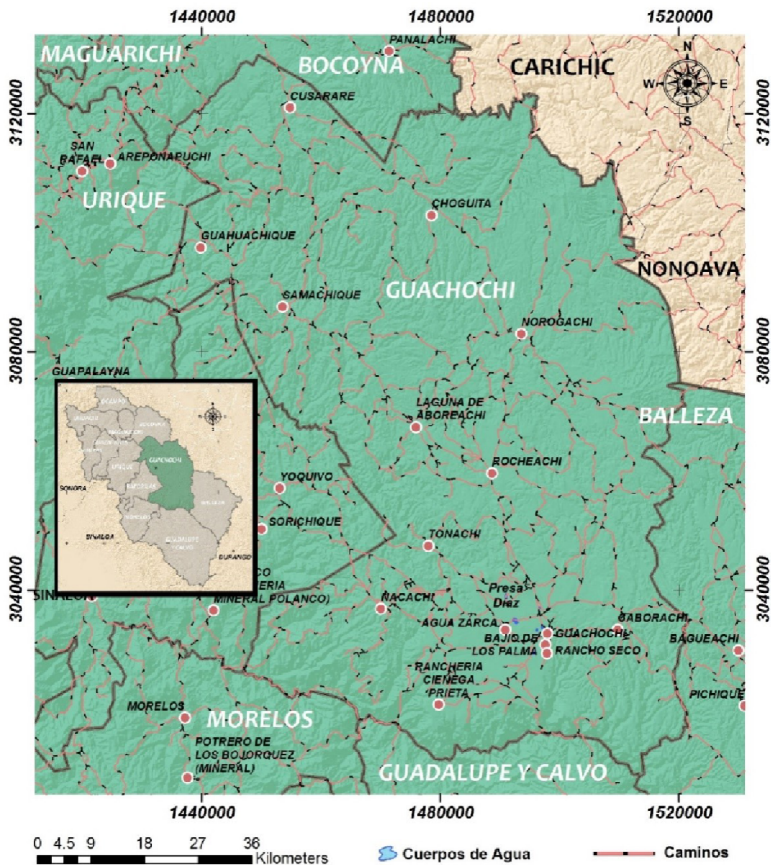


Figura 26. Localización del municipio de Guachochi en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.



Figura 27. Imagen satelital compuesta del municipio de Guachochi; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

5.2 Socioeconomía

La educación que se ofrece es de los niveles de preescolar, primaria y media básica. Los Tarahumaras son los indígenas de este municipio, dedicándose a fabricar violines, cobijas, piezas de palma, tambores, plantas de carrizo y máscaras de madera. Como actividad económica se cuenta con la agricultura, ganadería, así como servicios de alojamiento temporal como los son hoteles. De acuerdo con el índice de marginación se encuentra en 1.99 y 2.56 que lo ubica alto.

5.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 456 y 2,754 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las subprovincias Gran meseta y cañones Chihuahuenses (100%). El sistema de toposformas incluye superficies de Gran meseta con cañadas (75.3%), Sierra alta con cañones (24.5%) y Valle abierto de montaña con mesetas (0.2%).

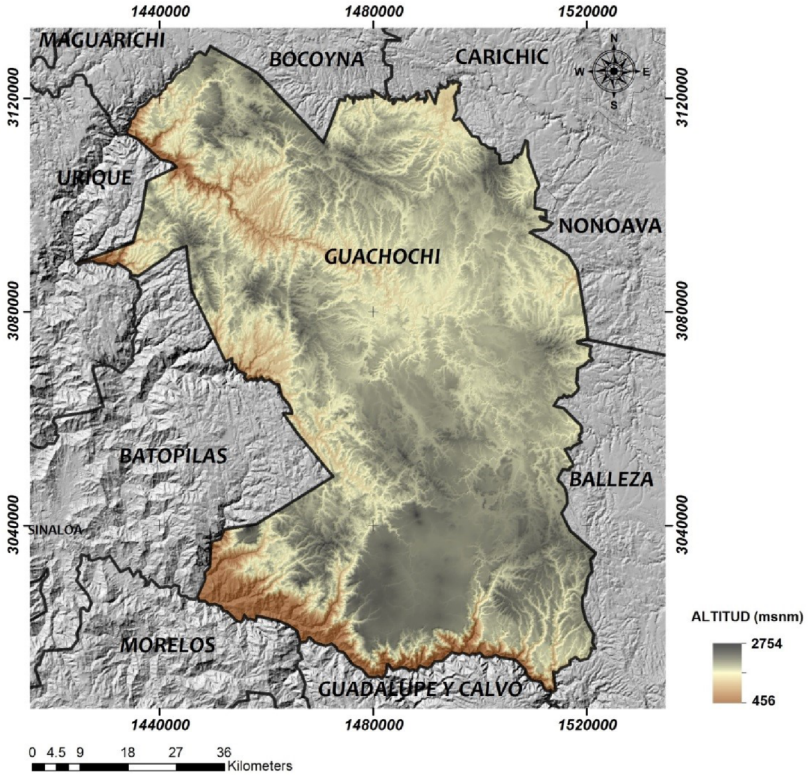


Figura 28. Distribución altitudinal del municipio de Guachochi. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

5.4 Clima

La temperatura oscila entre los 8 y 26 °C. La precipitación media es de 650 milímetros anuales. Cuenta con clima principalmente semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, semiseco semicálido, semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media.

5.5 Uso de Suelo

Predomina el bosque de pino y pino-encino, con práctica de agricultura de temporal en medio de la zona de bosque. En el bosque de pino se encuentran especies como *Pinus durangensis* y *Pinus lumholtzii*. Al sur del municipio se presentan asociaciones de *Pinus ayacahuite*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii* y *Quercus fulva*. Es una región con fuerte aprovechamiento forestal. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son: asentamientos humanos, bosque bajo-abierto, bosque de encino, cuerpos de agua, pastizal natural, selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de pino.



Figura 29. Distribución del uso del suelo del municipio de Guachochi. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

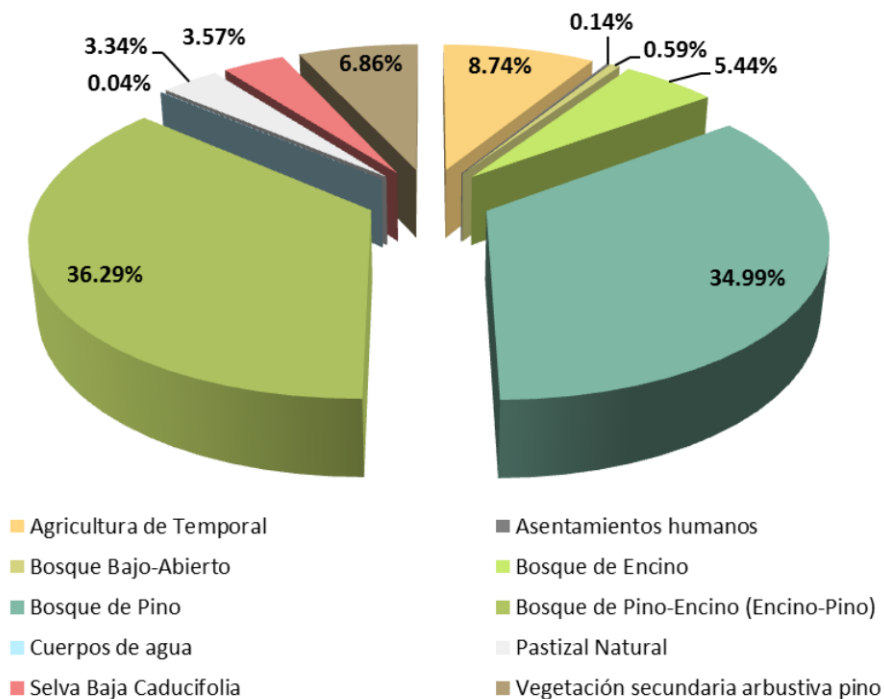


Gráfico 13. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Guachochi.

Predominantemente la clase de bosque de pino-encino (encino-pino) se distribuye en el municipio de Guachochi con una superficie de 259,749 ha, seguido de bosque de pino con 248,168 ha y de agricultura de temporal con 62,812 ha.

5.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Guachochi está conformada por áreas de medio índice de fragmentación 310,606 ha y áreas con bajo índice de fragmentación con una superficie de 302,967 ha.

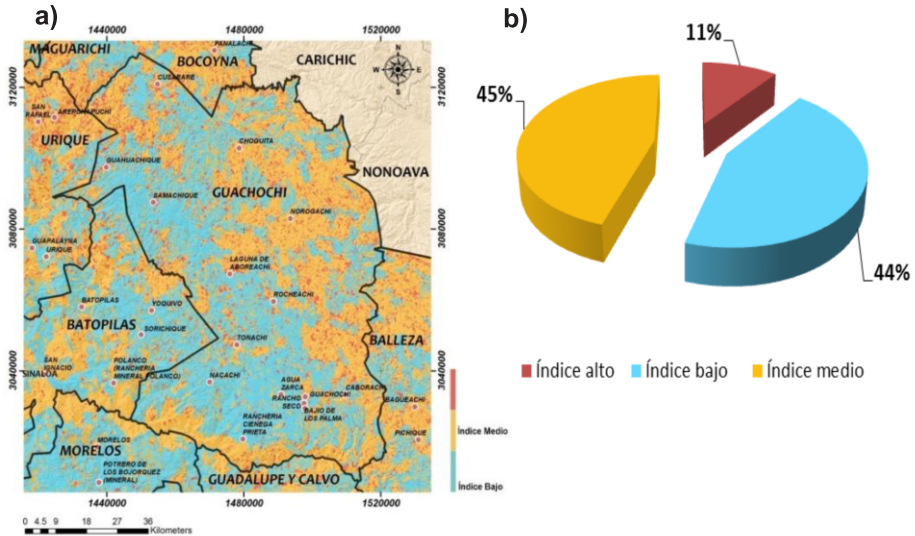


Figura 30. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Bocoyna, b) el gráfico 14, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Guachochi.

5.7 Índice de Disturbio (ID)

La evaluación del índice de disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 396,377 ha. (Figura 7).

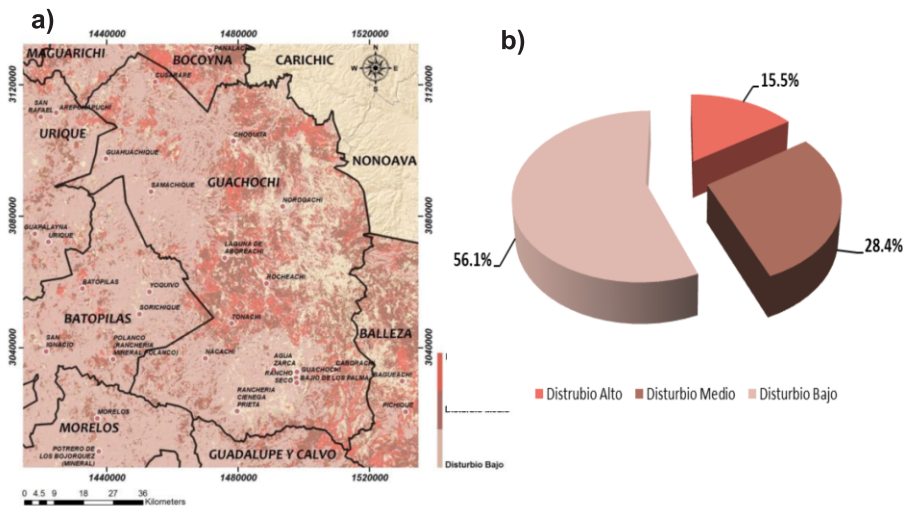


Figura 31. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) gráfico 15 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Guachochi.

VI. Guadalupe y Calvo

6.1 Localización

El municipio de Guadalupe y Calvo se ubica entre los paralelos 1635552.05 y 1508922.12 de latitud norte; los meridianos 1933047.36 y 2060526.73 de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Morelos, Guachochi y Balleza; al este con el municipio de Balleza, y el área interestatal Durango-Chihuahua y el estado de Durango; al sur con los estados de Durango y Sinaloa; al oeste con el estado de Sinaloa y el municipio de Morelos. Ocupa el 3.6% de la superficie del estado.

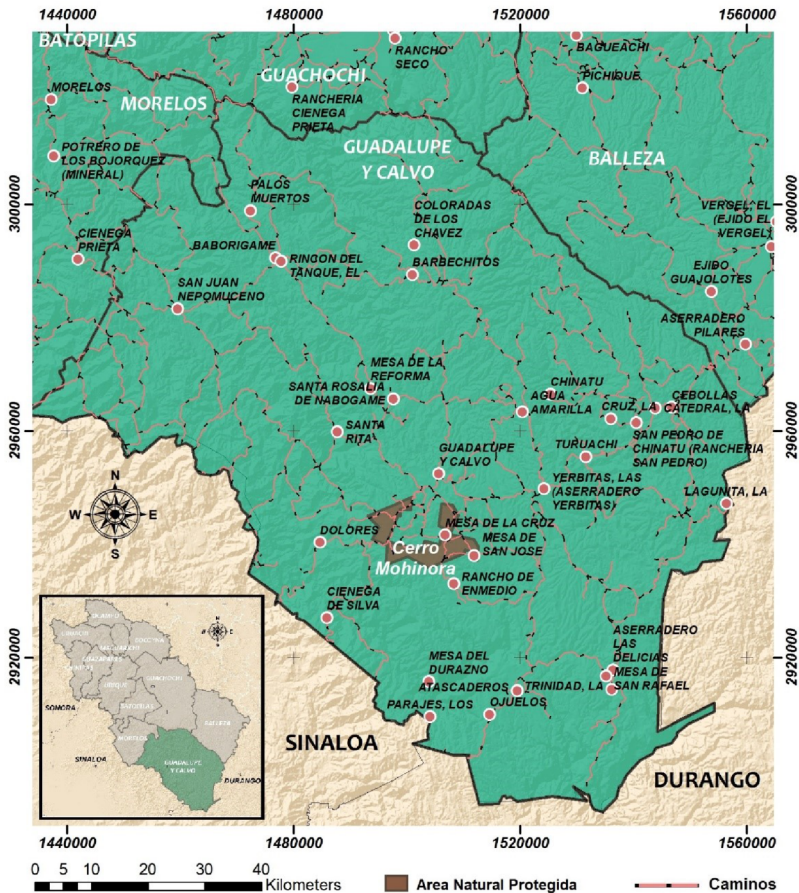


Figura 32. Localización del municipio de Guadalupe y Calvo en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.



Figura 33. Imagen satelital compuesta del municipio de Guadalupe y Calvo; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

6.2 Socioeconomía

Hay educación hasta el nivel media básica en donde asiste el 40 por ciento de la población. Este municipio está habitado por los grupos étnicos Tarahumaras y Tepehuanes. El municipio cuenta como su actividad principal el aprovechamiento forestal, le sigue la minería y pesca. Además de una actividad importante de agricultura. Su índice de marginación se encuentra en 1.99 con, considerándose alto. El índice de rezago social se encuentra en la misma condición alto son valores de 1.99 a 2.55

6.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 340 y 3,286 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las subprovincias Gran Meseta y Cañadas Duranguenses (50.5%) y Gran Meseta y Cañones chihuahuenses (49.5%). El sistema de topoformas incluye Sierra alta con cañones (53.5%) y Superficie de gran meseta con cañadas (46.5%).

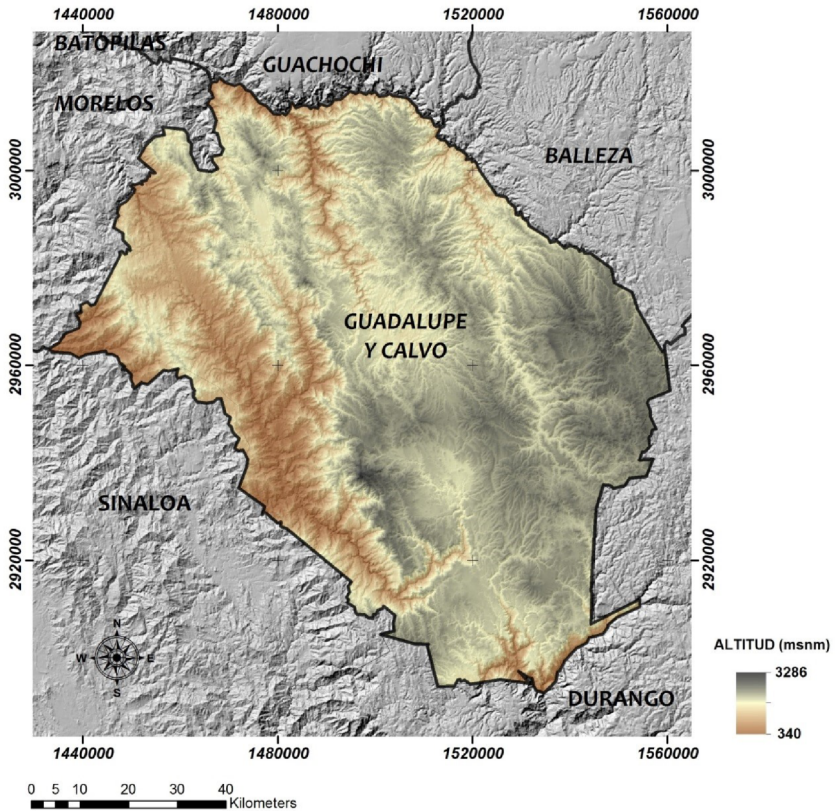


Figura 34. Distribución altitudinal del municipio de Guadalupe y Calvo. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

6.4 Clima

La temperatura oscila entre los 8 y 26 °C. La precipitación media es de 900 milímetros anuales. Cuenta con clima principalmente templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad

6.5 Uso de Suelo

Predomina el bosque de pino, pino-encino y vegetación secundaria arbustiva de pino en la cual se pueden encontrar individuos de *Arctostaphylos pungens* y *Quercus depressipes*. El aprovechamiento del suelo es principalmente forestal. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque bajo-abierto, bosque de encino, pastizal natural, selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de pino.

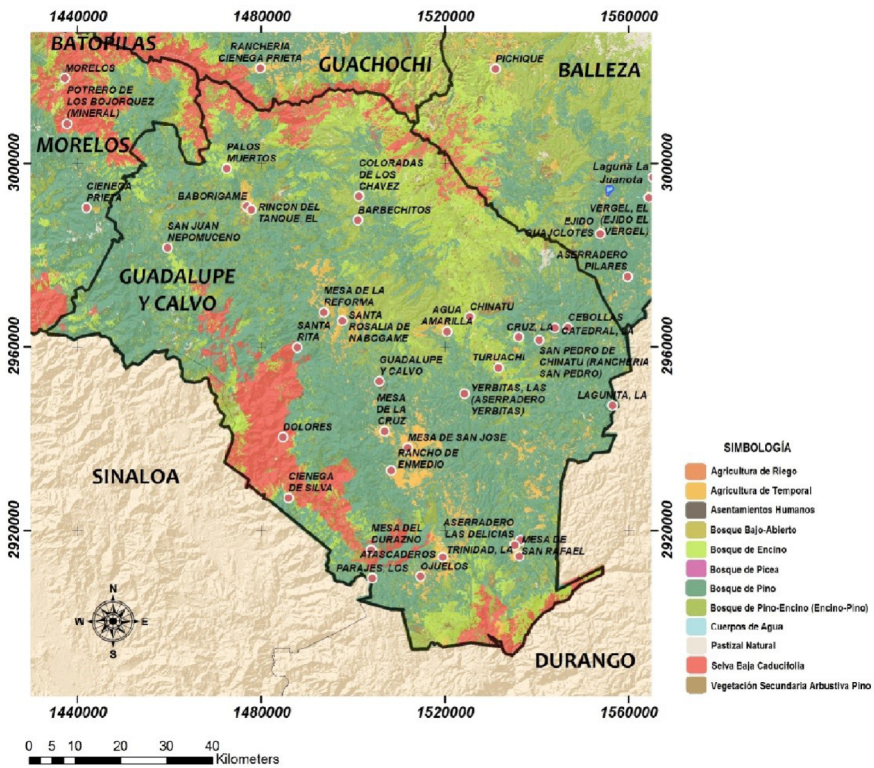
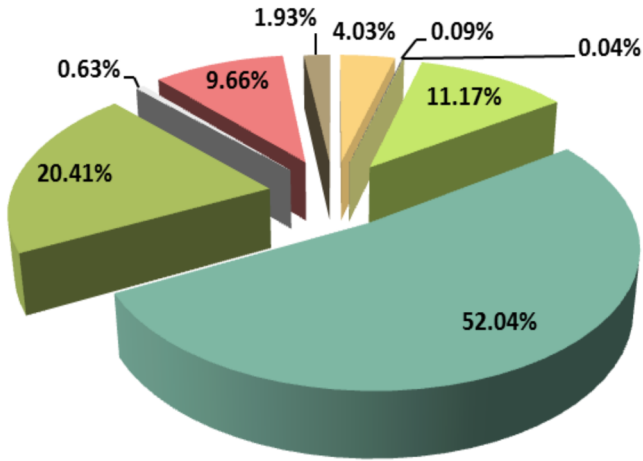


Figura 35. Distribución del uso del suelo del municipio de Guadalupe y Calvo. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.



- Agricultura de Temporal
- Bosque Bajo-Abierto
- Bosque de Pino
- Pastizal Natural
- Vegetación secundaria arbustiva pino
- Asentamientos humanos
- Bosque de Encino
- Bosque de Pino-Encino (Encino-Pino)
- Selva Baja Caducifolia

Gráfico 16. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Guadalupe y Calvo.

La clase más abundante es la de bosque de pino, la cual se distribuye en el municipio con una superficie de 480,988 ha, seguido de bosque de pino-encino (encino-pino) con 189,977 ha y de bosque de encino con 103,755 ha.

6.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Guadalupe y Calvo está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación 591,189 ha y áreas con medio índice de fragmentación con una superficie de 254,313 ha principalmente.

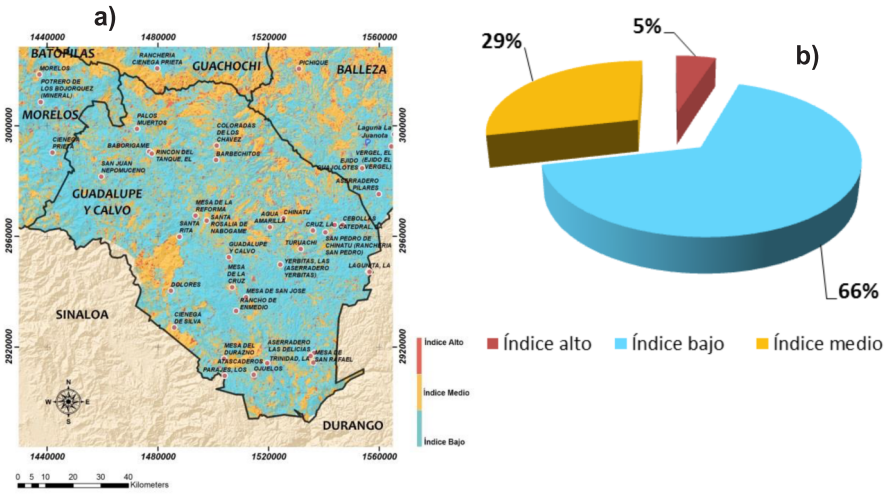


Figura 36. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Guadalupe y Calvo, **b)** el gráfico 17, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Guadalupe y Calvo.

6.7 Índice de Disturbio (ID)

El disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 584308.529 ha. (Figura 37).

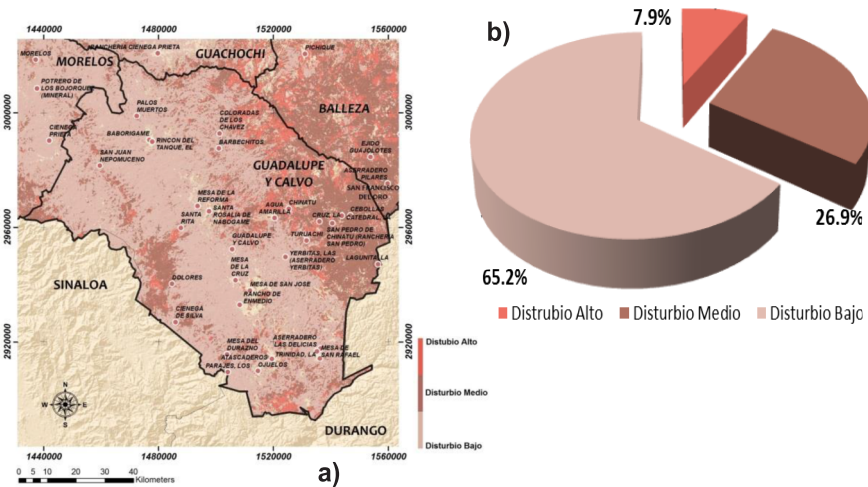


Figura 37. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, **b)** gráfico 18 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Guadalupe y Calvo.

VII. Guazapares

7.1 Localización

Colinda al norte con los municipios de Chínipas, Uruachi y Maguarichi; al este con los municipios de Maguarichi y Urique; al sur con el municipio de Urique y el estado de Sinaloa; al oeste con el municipio de Chínipas. Ocupa el 0.8% de la superficie del estado.



Figura 38. Localización del municipio de Guazapares en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

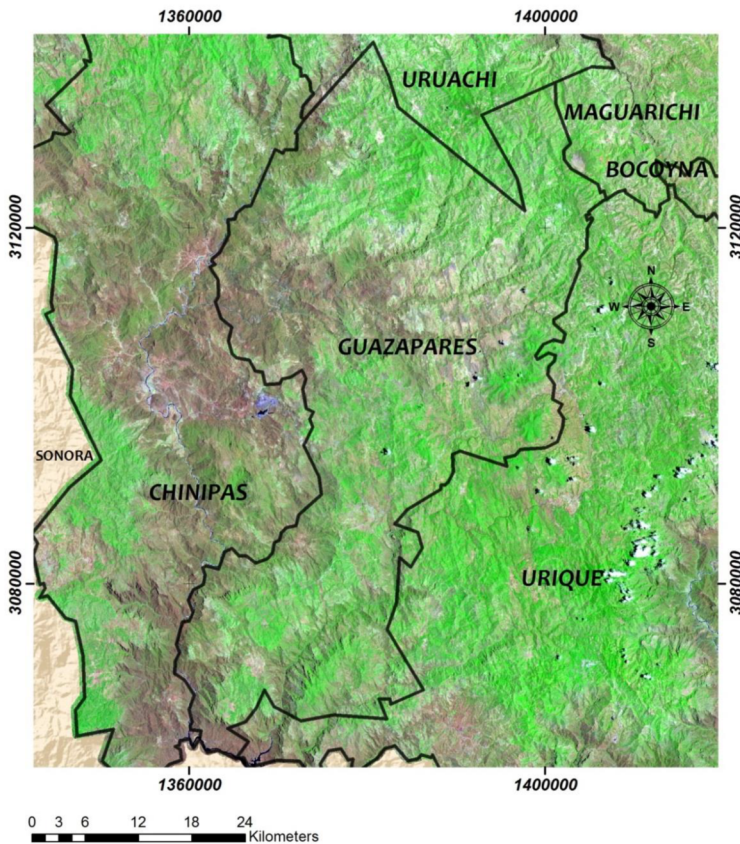


Figura 39. Imagen satelital compuesta del municipio de Guazapares; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

7.2 Socioeconomía

Se atiende la educación en los niveles de preescolar, primaria y media básica, satisfaciendo medianamente las necesidades de la población. El vigoroso crecimiento económico que ha provocado la actividad minera en los últimos años, ha creado una mayor demanda de los servicios educativos. El índice de rezago social presenta valores de 1.46 a 1.89 indicador de un rezago medio, al igual el índice de marginación con valores de 1.13 a 1.99.

7.3 Topografía

El municipio de Guazapares se ubica entre los paralelos 1757274.89 y 1676784.58 de latitud norte; los meridianos 1858428.18 y 1906911.12 de longitud oeste. El rango de altitud va desde los 159 y 2,639 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las subprovincias Gran meseta y cañones Chihuahuenses (100%). El sistema de topeformas incluye Sierra alta con cañones (92.1%) y superficie de Gran meseta con cañadas (7.9%).

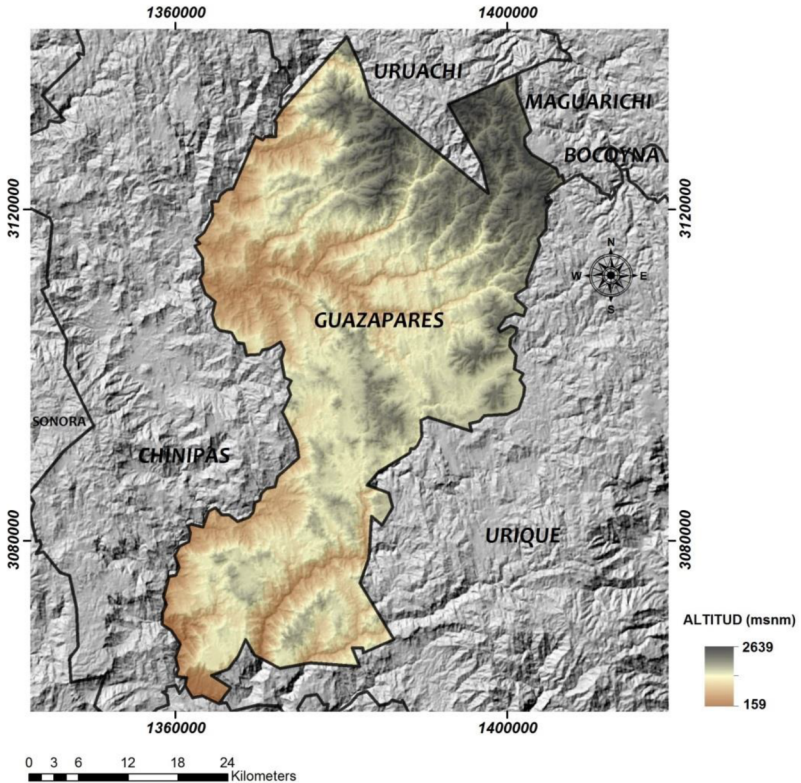


Figura 40. Distribución altitudinal del municipio de Guazapares. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

7.4 Clima

La temperatura oscila entre los 10 y 24 °C. La precipitación media es de 900 milímetros anuales. Cuenta con clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, semicálido

subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media.

7.5 Uso de suelo

Se presenta principalmente bosque de pino, bosque de pino-encino y selva baja caducifolia. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque de encino, cuerpos de agua, pastizal natural, selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de pino.

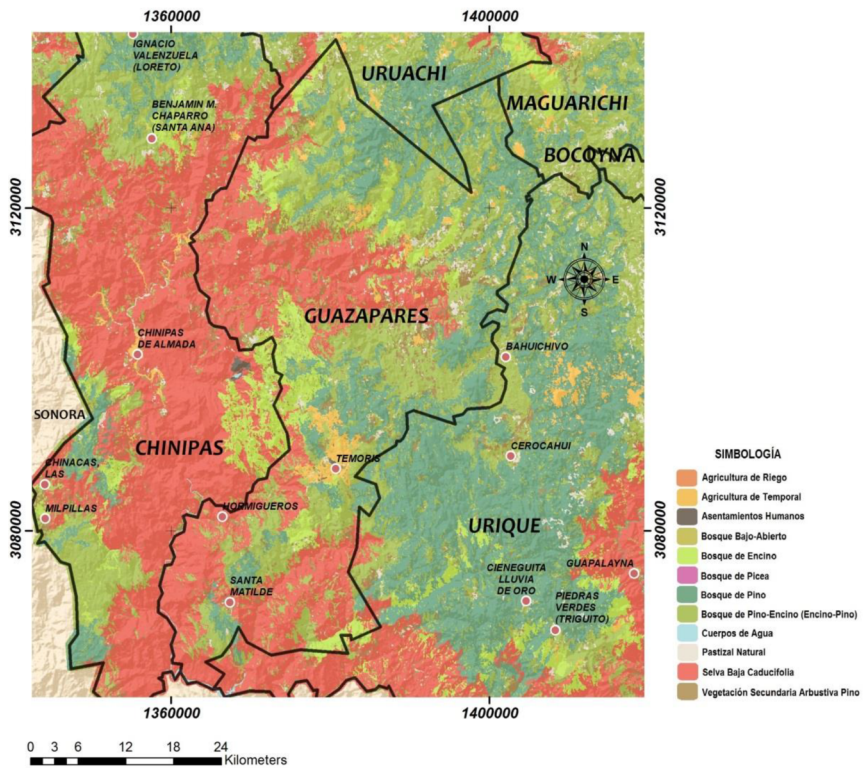


Figura 41. Distribución del uso del suelo del municipio de Guazapares. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

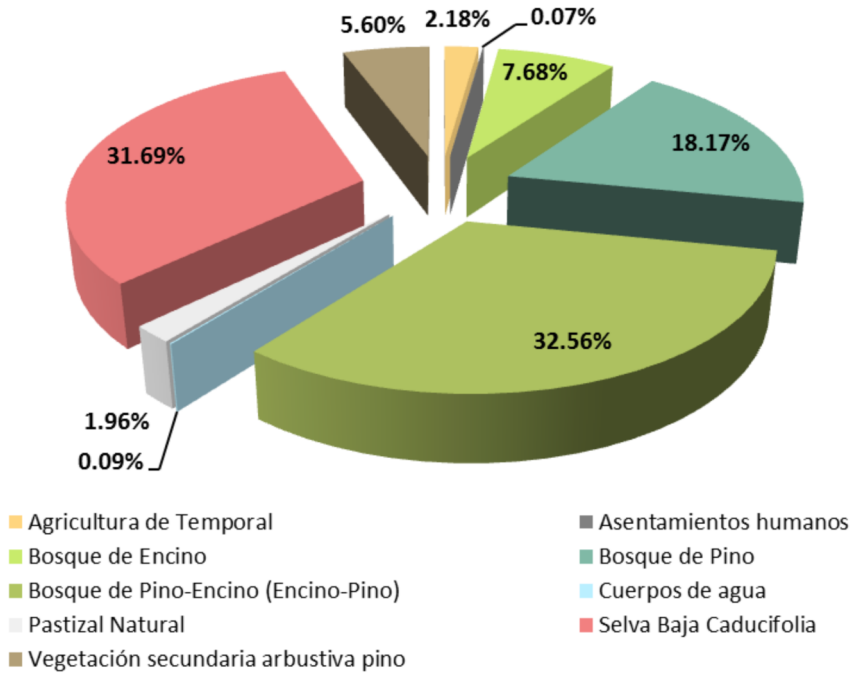


Gráfico 19. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Guazapares.

En el municipio de Guazapares la clase con mayor superficie es la de bosque de pino-encino (encino-pino) con 67,768 ha, seguido de selva baja caducifolia con 67,517 ha.

7.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Guazapares está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación con una superficie de 88929.63 (ha), áreas con medio índice de fragmentación con una superficie de 88331.56 (ha) y en menor cantidad áreas de alto índice de fragmentación con una superficie de 16863.52 ha.

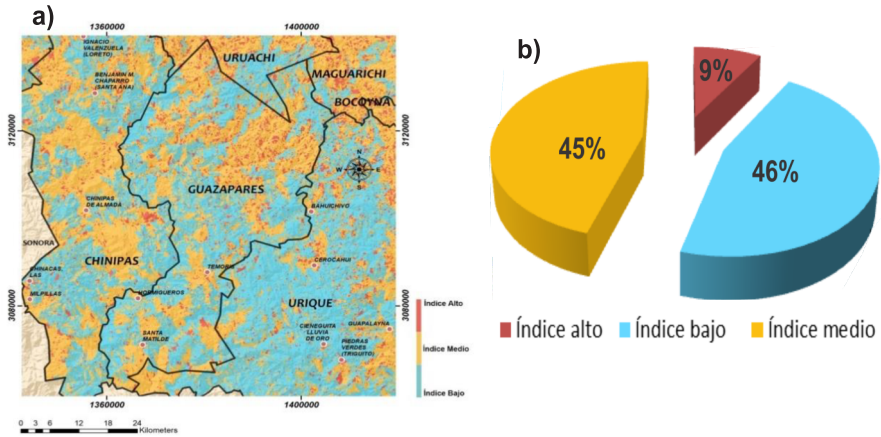


Figura 42. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Guazapares, b) el gráfico 20, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Guazapares.

7.7 Índice de Disturbio (ID)

El disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 148,110 ha. (Figura 43).

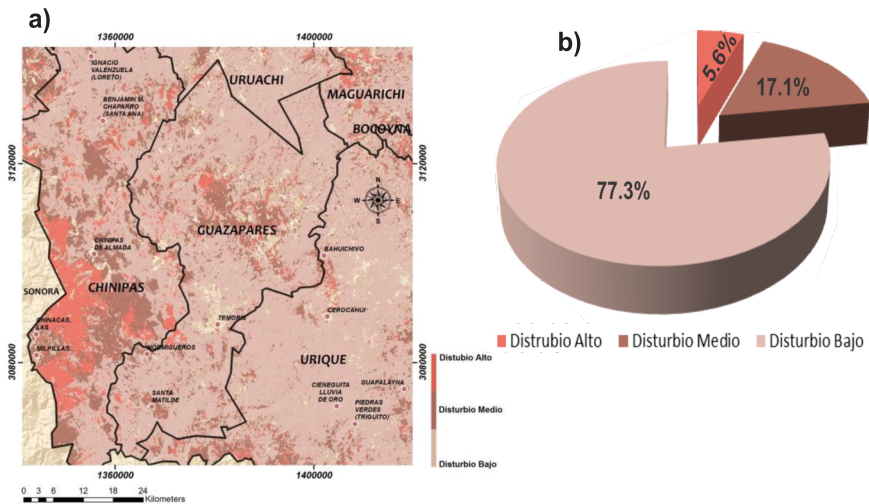


Figura 43. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) el gráfico 21 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Guazapares.

VIII. Maguarichi

8.1 Localización

El municipio de Maguarichi se ubica entre los paralelos 1787889.41 y 1737653.05 de latitud norte; los meridianos 1899554.22 y 1927593.41 de longitud oeste. Colinda al norte con el municipio de Ocampo; al este con los municipios de Ocampo y Bocoyna; al sur con los municipios de Bocoyna, Urique y Guazapares; al oeste con los municipios de Guazapares, Uruachi y Ocampo. Ocupa el 0.4 % de la superficie del estado.

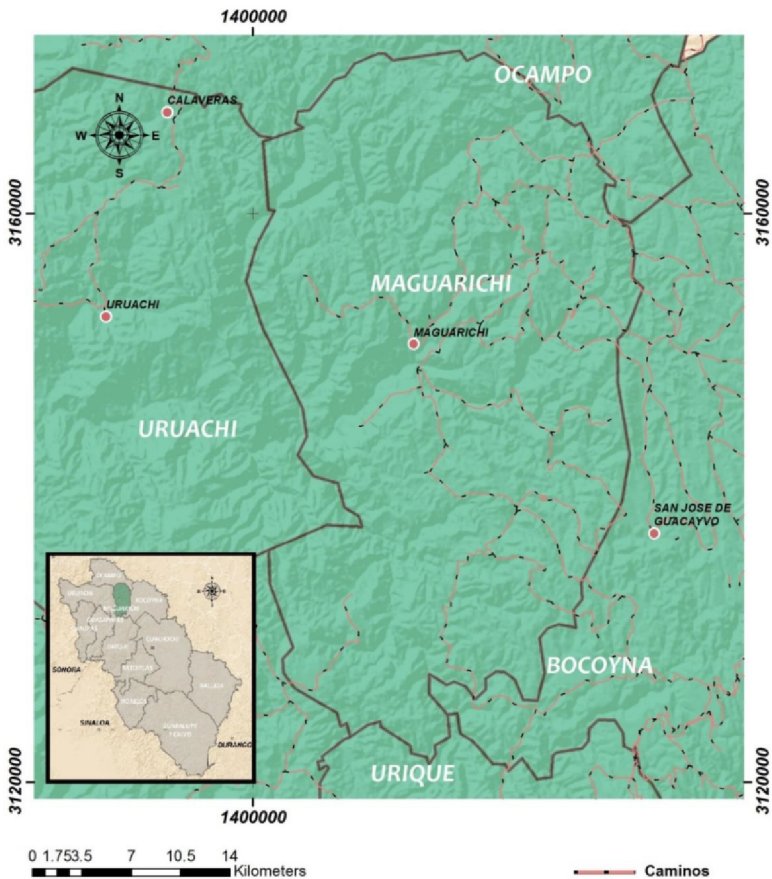


Figura 44. Localización del municipio de Maguarichi en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

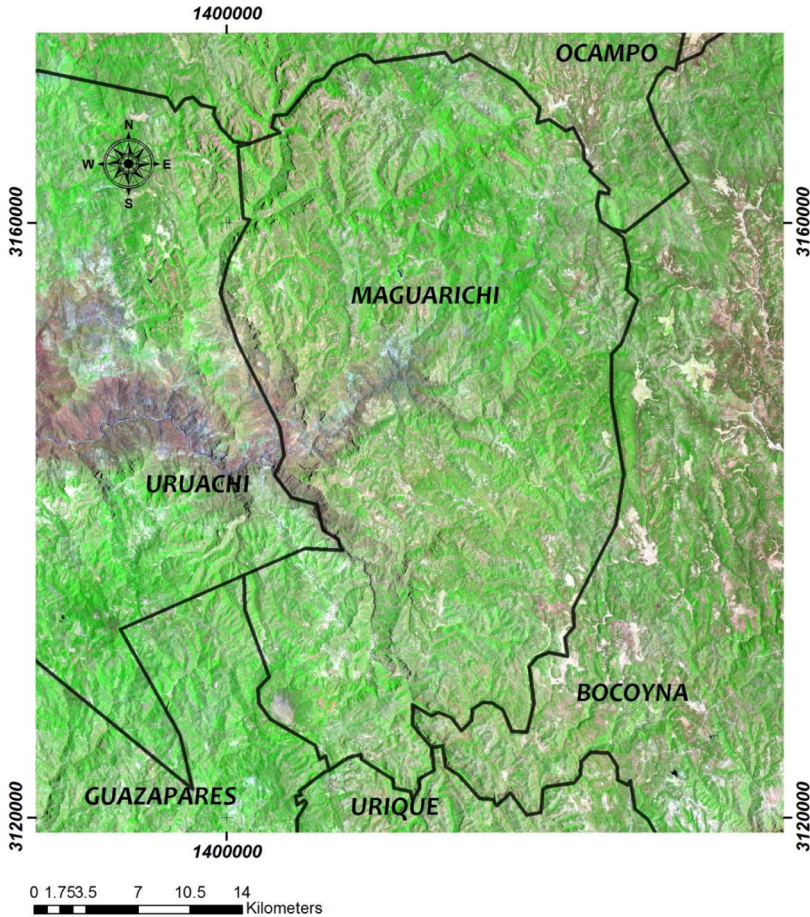


Figura 45. Imagen satelital compuesta del municipio de Maguarichi; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

8.2 Socioeconomía

Solamente comprende los niveles de preescolar y primaria cubriendo considerablemente los requerimientos en esta área. Se llevan a cabo actividades como lo es la agricultura, con mayor fuerza, así como ganadería, silvicultura, fruticultura y acuicultura. El municipio registra un nivel de marginación bajo con valores de 0.43 a 1.13 indicador de baja marginación, mientras el índice de rezago social fluctúa de 1.46 a 1.89 colocándolo en un índice medio de rezago.

8.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 977 y 2,724 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de las subprovincias Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses (100%). El sistema de topoformas incluye Sierra alta con cañones (54.5%) y Superficie de Gran Meseta con Cañadas (45.5%).

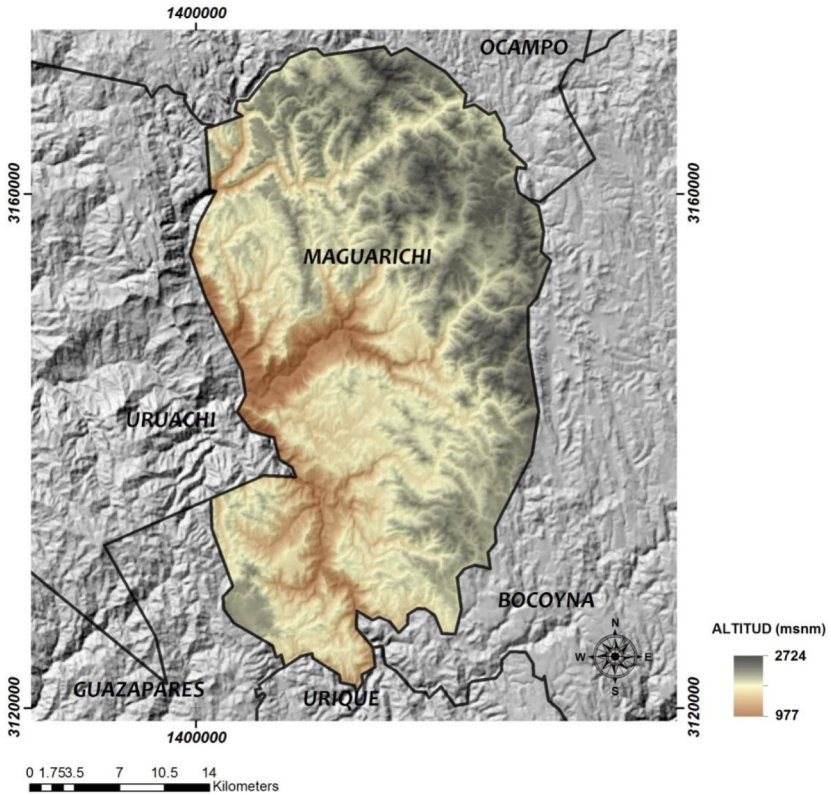


Figura 46. Distribución altitudinal del municipio de Maguarichi. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

8.4 Clima

La temperatura oscila entre los 8 y 22 °C. La precipitación media es de 800 milímetros anuales. Cuenta con clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad.

8.5 Uso de suelo

Predomina el bosque de pino y de pino-encino. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque de encino, pastizal natural, selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de pino.

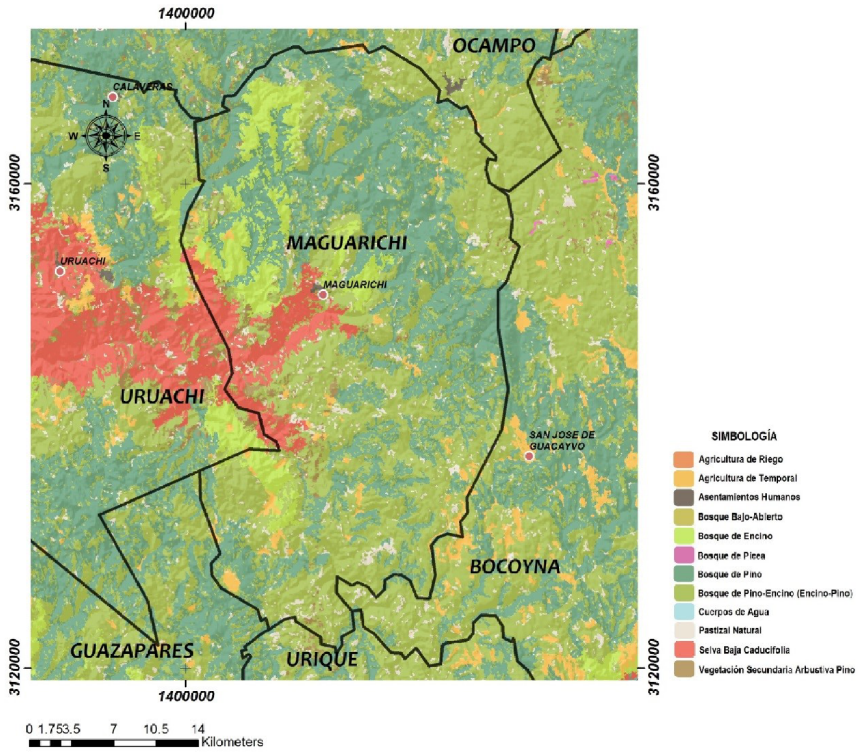


Figura 47. Distribución del uso del suelo del municipio de Maguarichi. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

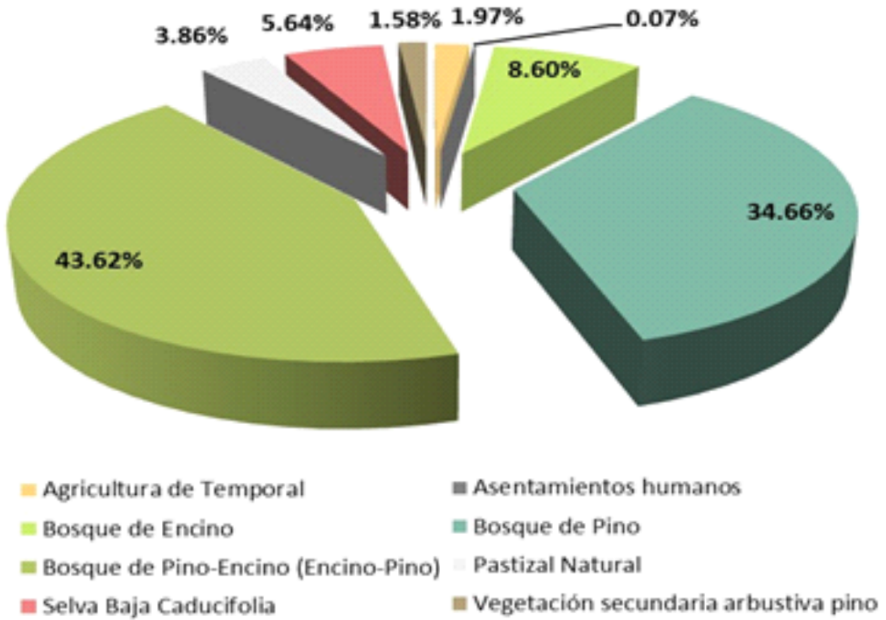


Gráfico 22. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Maguarichi.

En el municipio de Maguarichi predomina el bosque de pino-encino (encino-pino) con una superficie de 47,627 ha y Bosque de Pino con 37,629 ha.

8.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Maguarichi está conformada por áreas de medio índice de fragmentación 50,623 ha principalmente y áreas con bajo índice de fragmentación con una superficie de 36,470 ha.

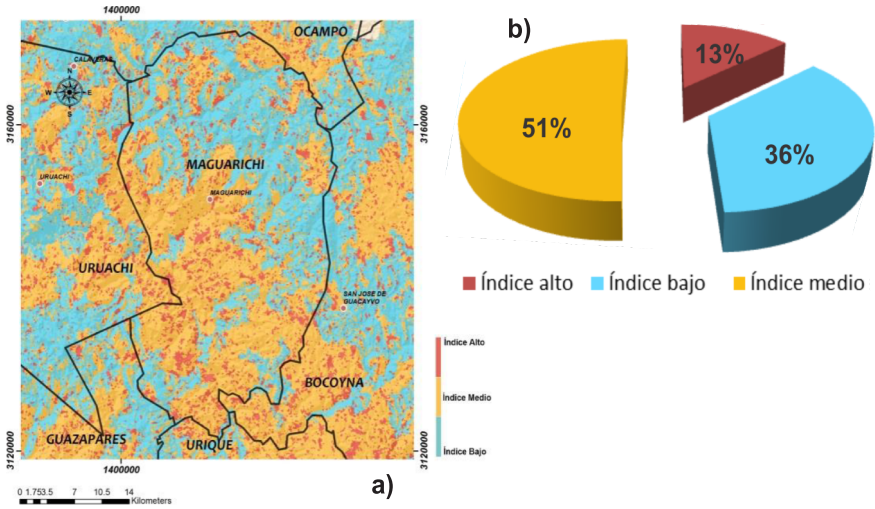


Figura 48. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Maguarichi, b) el gráfico 23, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Maguarichi.

8.7 Índice de Disturbio (ID)

El disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 76,898 ha.

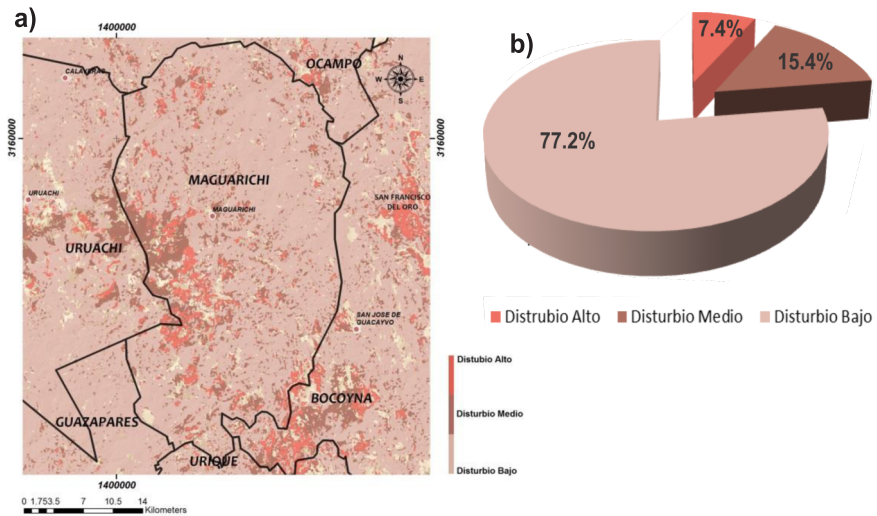


Figura 49. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) el gráfico 24 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Maguarichi.

IX. Morelos

9.1 Localización

El municipio de Morelos se ubica entre los paralelos 1787889.41 y 1737653.05 de latitud norte; los meridianos 1899554.2 y 1927593.41 de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Batopilas y Guachochi; al este con los municipios de Guachochi y Guadalupe y Calvo; al sur con el municipio de Guadalupe y Calvo y el estado de Sinaloa; al oeste con el estado de Sinaloa y el municipio de Batopilas. Ocupa el 1.1% de la superficie del estado.

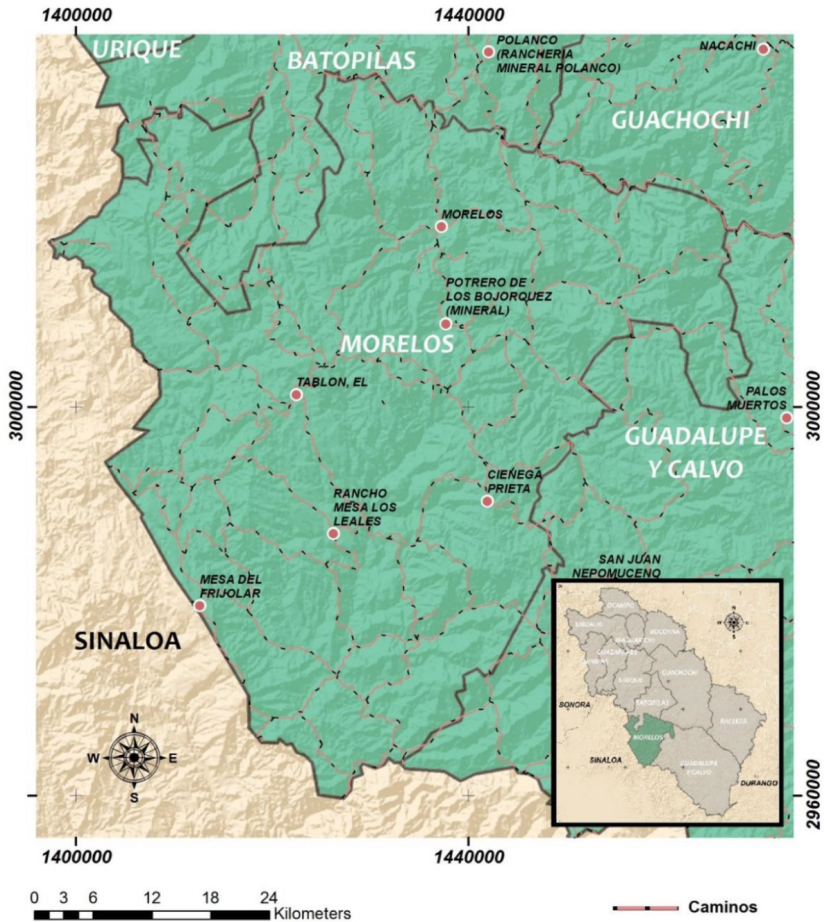


Figura 50. Localización del municipio de Morelos en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

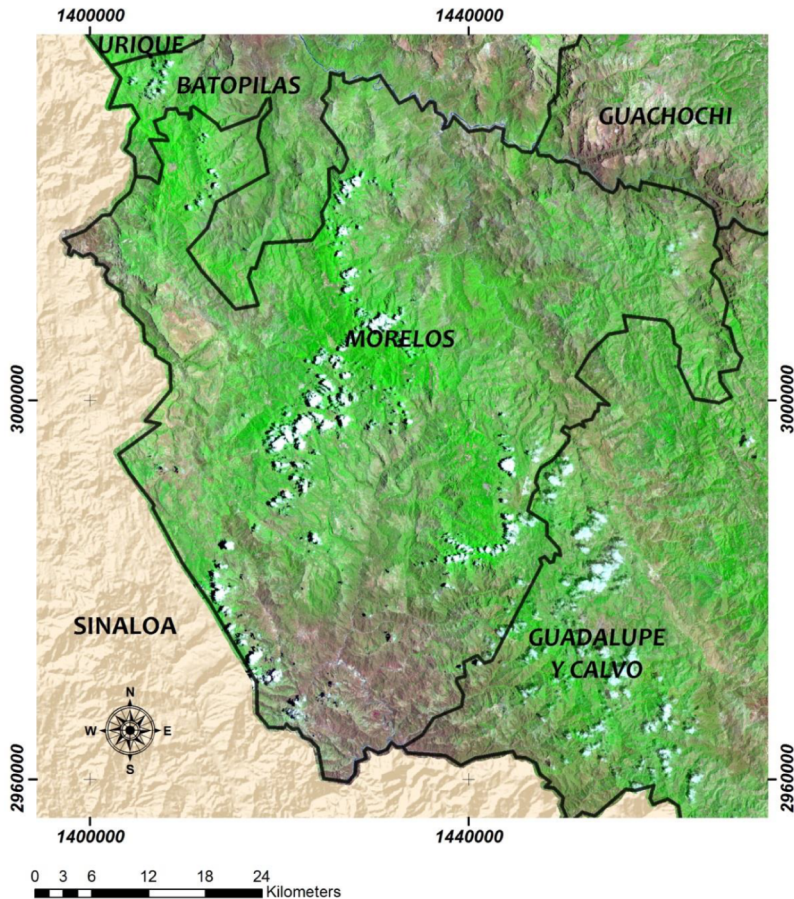


Figura 51. Imagen satelital compuesta del municipio de Morelos; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

9.2 Socioeconomía

La educación es atendida en los niveles de preescolar, primaria y media básica. Las actividades que se realizan en la región es la agricultura, donde los principales cultivos son: frijol, trigo, maíz, papa, soya, cebolla y alfalfa. Por otra parte el valor de la población ganadera se estima en 16 millones, entre bovinos, equinos, porcinos, ovinos, y caprinos. Los índices de marginación se encuentran entre los valores 1.99 a 2.56 ubicándolo en un nivel alto. El índice de rezago social varía de 1.89 a 2.55 también con un nivel alto.

9.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 313 y 2,465 metros sobre el nivel del mar. Fisiográficamente lo constituyen las subprovincias Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses (81.5%) y Gran Meseta y Cañones Duranguenses (18.5%). El sistema de topoformas incluye Sierra alta con cañones (99.7%), Superficie de gran meseta con cañadas (0.3%).

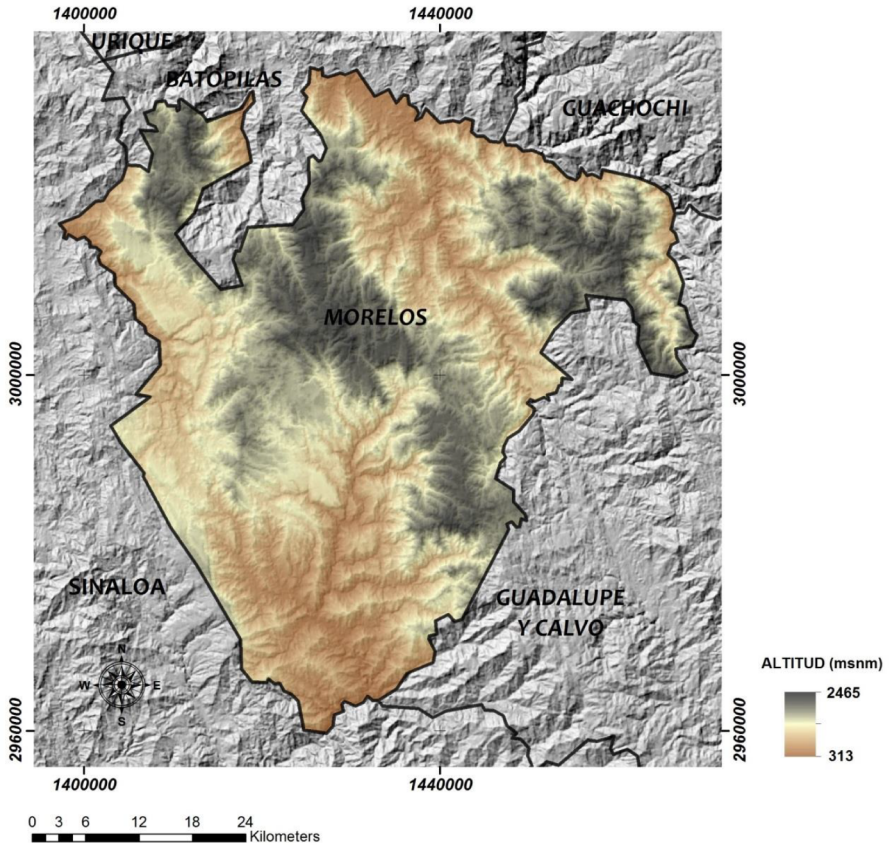


Figura 52. Distribución altitudinal del municipio de Morelos. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

9.4 Clima

La temperatura oscila entre los 12 y 26 °C. La precipitación media es de 850 milímetros anuales. Cuenta con clima Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad

media, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, semiseco muy cálido y cálido, templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad

9.5 Uso de suelo

Predomina el bosque de pino y la selva baja caducifolia con zonas de transición de pino-encino. Es una región de aprovechamiento forestal y de agricultura de temporal en menor medida. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque de encino, cuerpos de agua, pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de pino.

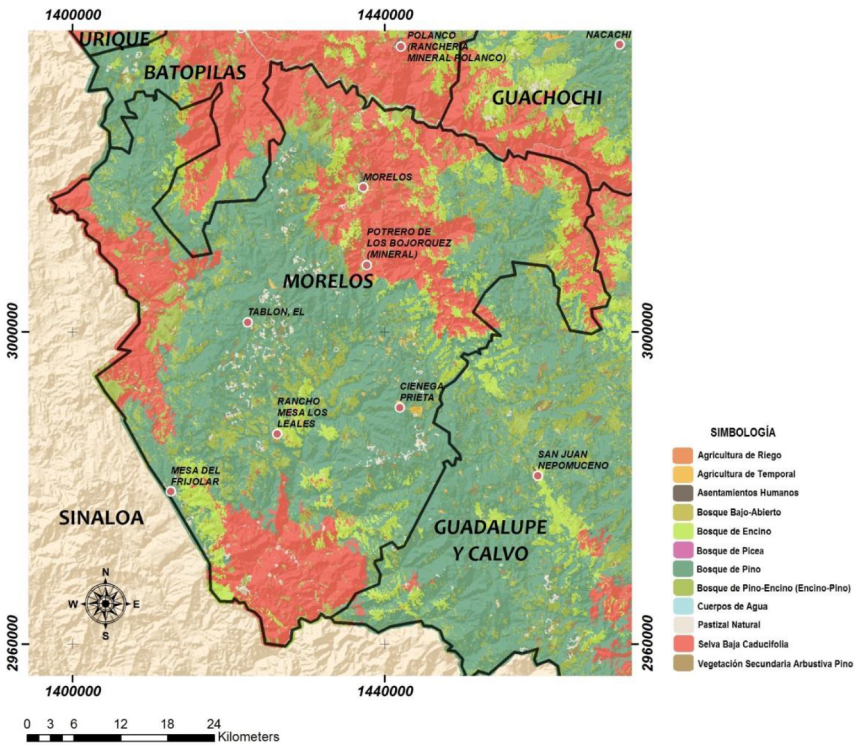


Figura 53. Distribución del uso del suelo del municipio de Morelos. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

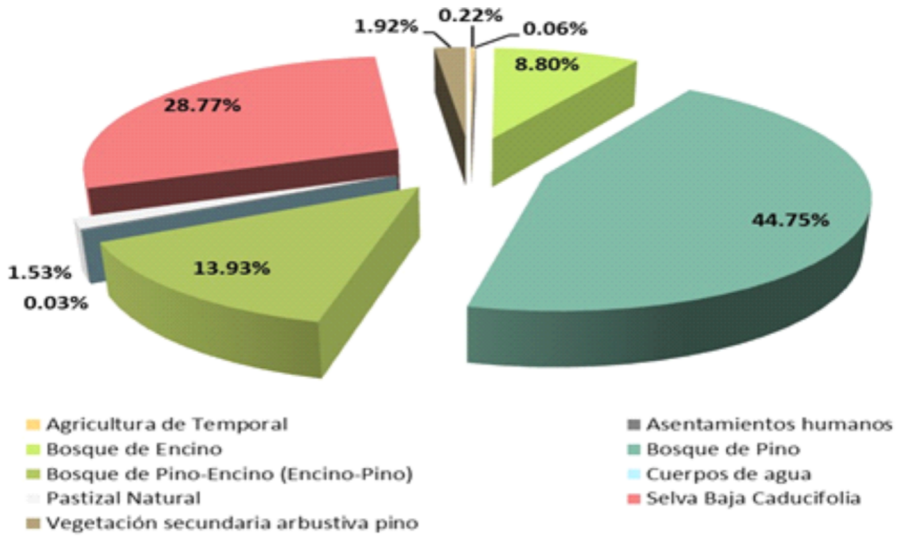


Gráfico 25. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Morelos.

Predominantemente, la clase de bosque de pino se distribuye en el municipio de Morelos con una superficie de 130,995 ha, seguido de selva baja caducifolia con 87,227 ha y de bosque de pino-encino (encino-pino) con 41,463 ha.

9.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Morelos está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación (177,419 ha) y áreas con medio índice de fragmentación con una superficie de 83,764 ha.

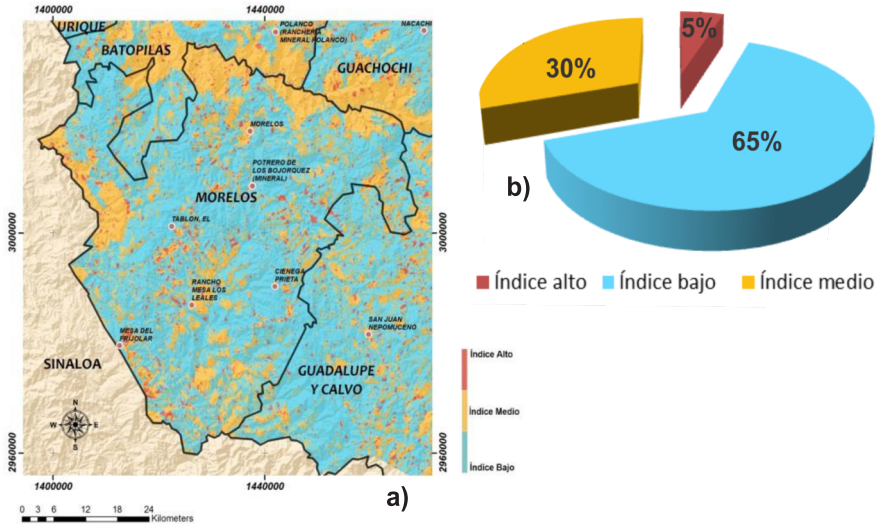


Figura 54. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Morelos, **b)** el gráfico 26, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Morelos.

9.7 Índice de Disturbio (ID)

Con una superficie de 224,626 ha el disturbio forestal bajo tiene predominancia en el municipio.

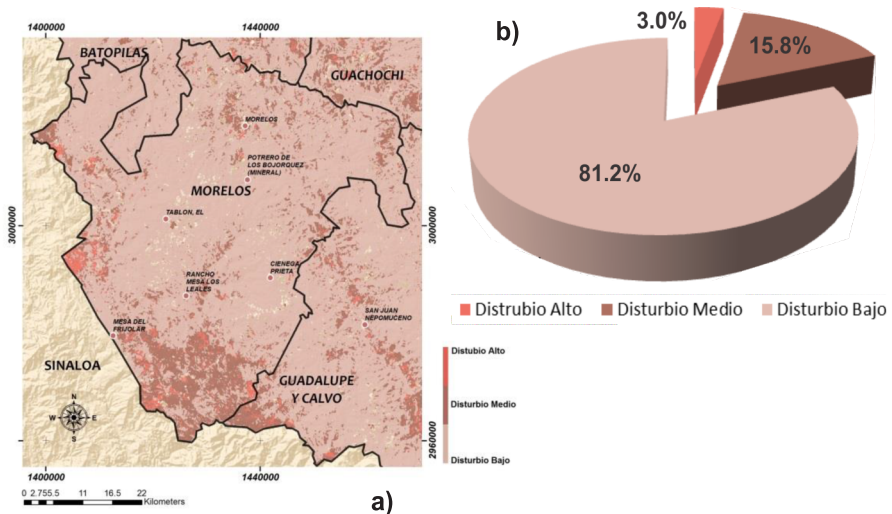


Figura 55. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, **b)** gráfico 27 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Morelos.

X. Ocampo

10.1 Localización

Colinda al norte con los municipios de Moris, Temósachi y Guerrero; al este con los municipios de Guerrero y Bocoyna; al sur con los municipios de Bocoyna, Maguarichi y Uruachi; al oeste con los municipios de Uruachi y Moris. Ocupa el 0.7% de la superficie del estado.



Figura 56. Localización del municipio de Ocampo en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

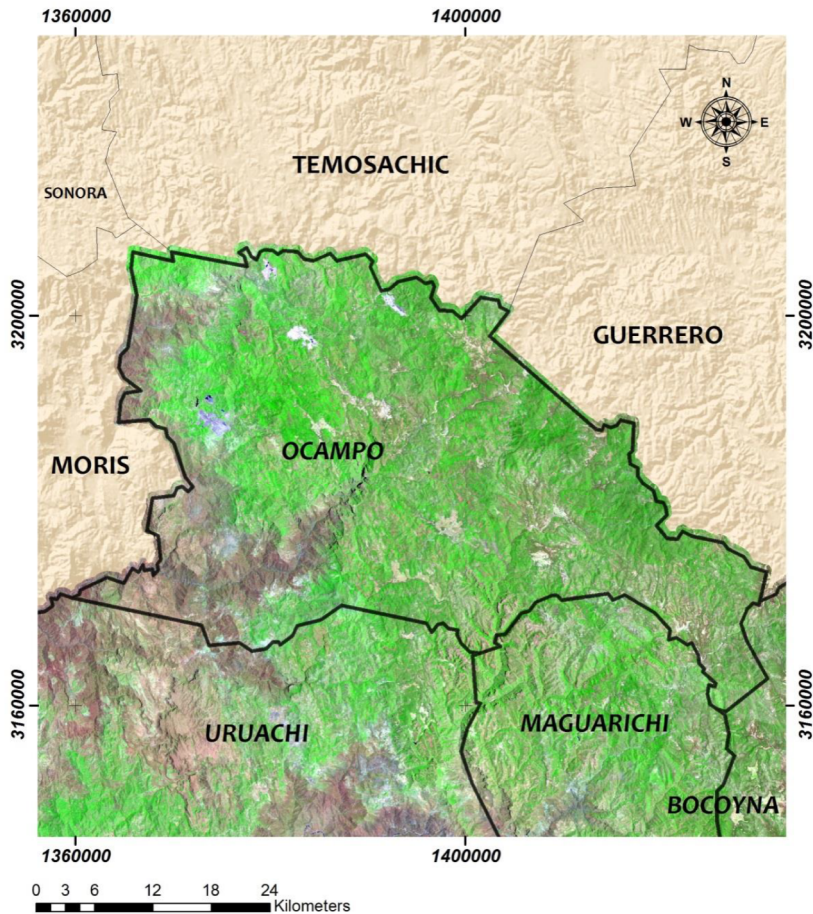


Figura 57. Imagen satelital compuesta del municipio de Ocampo; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

10.2 Socioeconomía

Únicamente se da educación en preescolar y primaria, el CONAFE (Consejo Nacional de Fomento Educativo) atiende a las principales comunidades. Cuenta con una gran riqueza turística, forestal, así como minera, pero una pobre actividad primaria (agricultura y ganadería), y en el caso de la agricultura solo se desarrolla del tipo temporal. El índice de rezago social es bajo con valores de 0.78 a 0.88.

10.3 Topografía

El municipio de Ocampo se ubica entre los paralelos 1823378.41 y 1775798.47 de latitud norte; los meridianos 1859680.23 y 1931031.51 de longitud oeste. El rango de altitud va desde los 583 y 2,909 metros sobre el nivel del mar. Fisiográficamente lo constituyen las subprovincias Gran meseta y cañones Chihuahuenses (90.9%) y Sierras y cañadas del Norte (9.1%). El sistema de topoformas incluye superficie de Gran meseta con cañadas (55.6%), Sierra alta con cañones (35.3%) y Sierra baja con cañadas (9.1%).

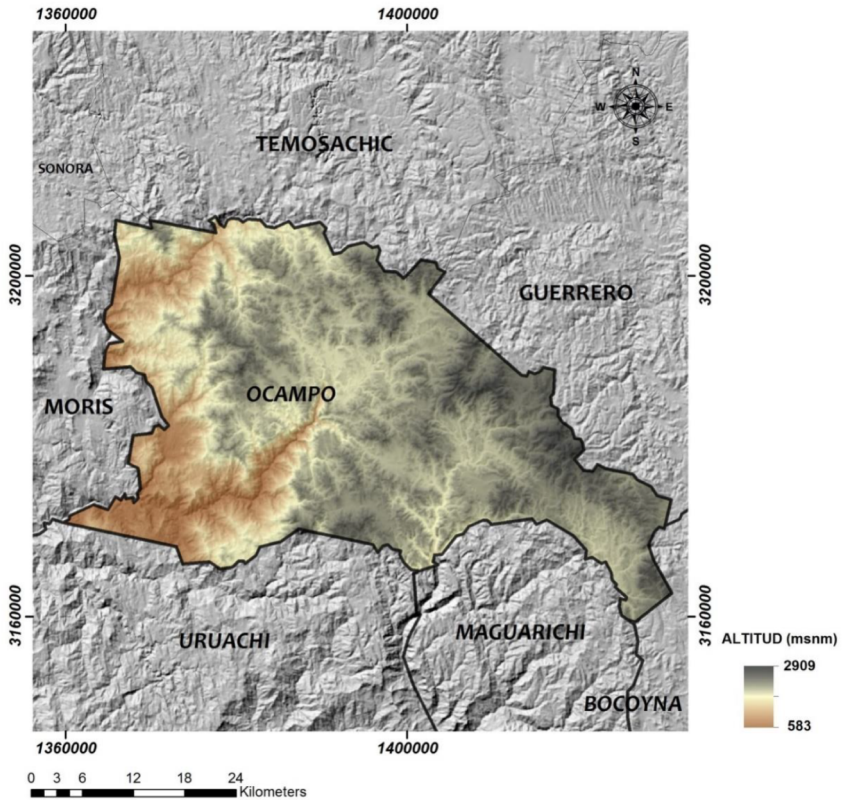


Figura 58. Distribución altitudinal del municipio de Ocampo. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

10.4 Clima

La temperatura oscila entre los 8 y 22 °C. La precipitación media es de 900 milímetros anuales. Cuenta con clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano,

de mayor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad.

10.5 Uso de Suelo

Predomina el bosque de pino y pino-encino, con una parte importante de selva baja caducifolia en el extremo oeste del municipio. En la región existe aprovechamiento forestal y actividades de minería. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque bajo-abierto, bosque de encino, bosque de picea, pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de pino.

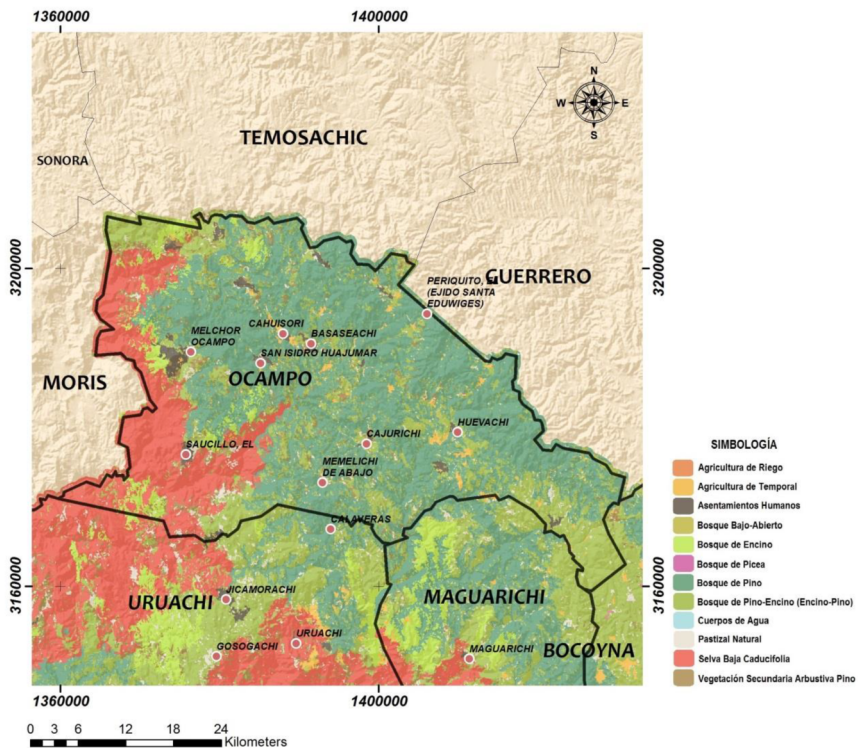


Figura 59. Distribución del uso del suelo del municipio de Ocampo. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

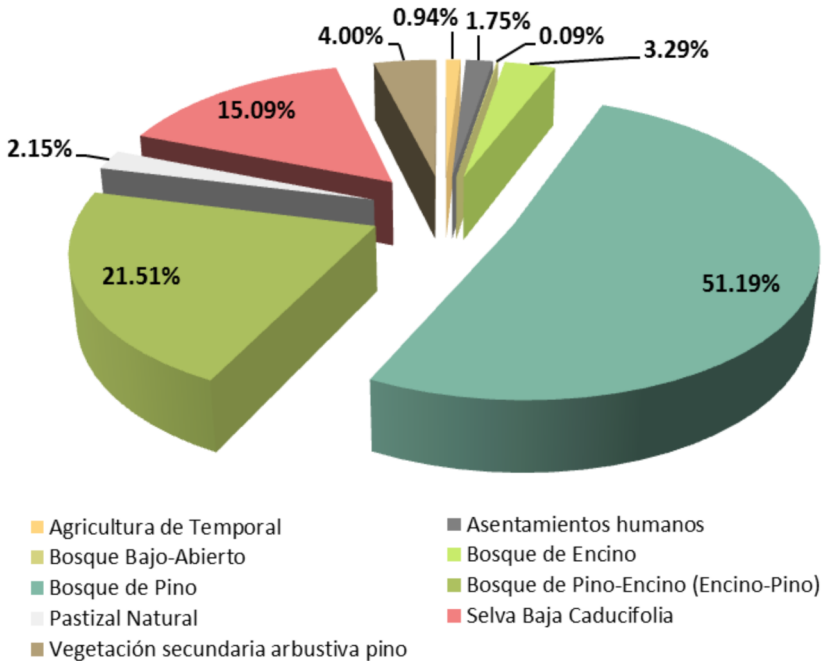


Gráfico 28. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Ocampo.

En el municipio de Ocampo predomina el bosque de pino con una superficie de 97,895 ha, seguido de bosque de pino-encino (encino-pino) con una superficie de 43,389 ha.

10.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Ocampo está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación (110,986 ha) y áreas con medio índice de fragmentación con una superficie de 52,379 ha.

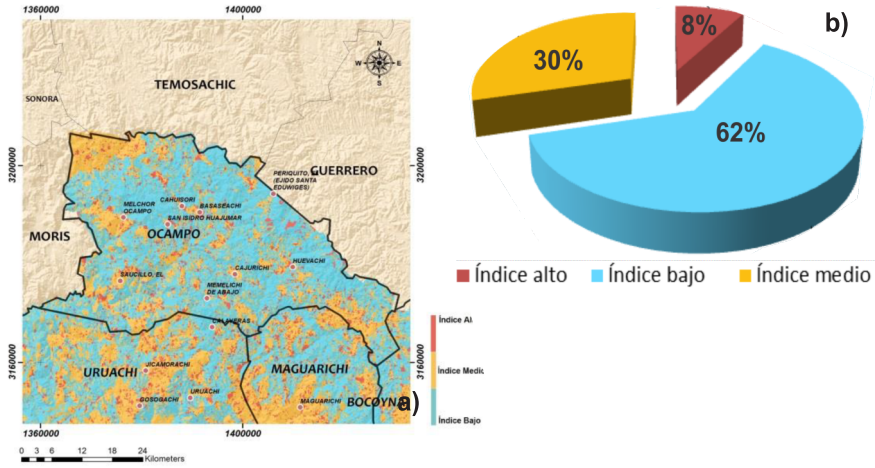


Figura 60. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Morelos, b) el gráfico 29, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Morelos

10.7 Índice de Disturbio (ID)

El disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 153,014 ha. **Figura 61.**

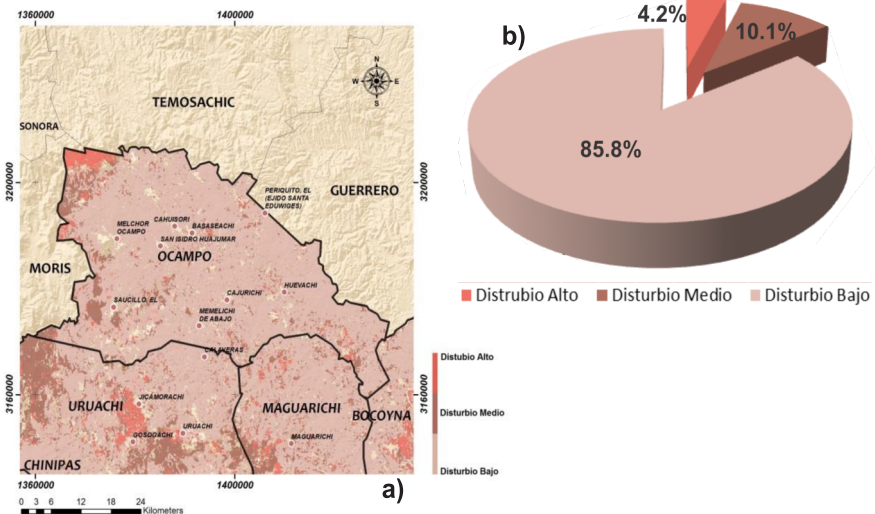


Figura 61. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) el gráfico 30 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Ocampo.

XI. Urique

11.1 Localización

El municipio de Urique se ubica entre los paralelos 1741272.58 y 1651795.99 de latitud norte; los meridianos 1864354.33 y 1943198.0 de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Guazapares, Maguarichi, Bocoyna y Guachochi; al este con los municipios de Guachochi y Batopilas; al sur con el municipio de Batopilas y el estado de Sinaloa; al oeste con el estado de Sinaloa y el municipio de Guazapares. Ocupa el 1.3% de la superficie del estado.

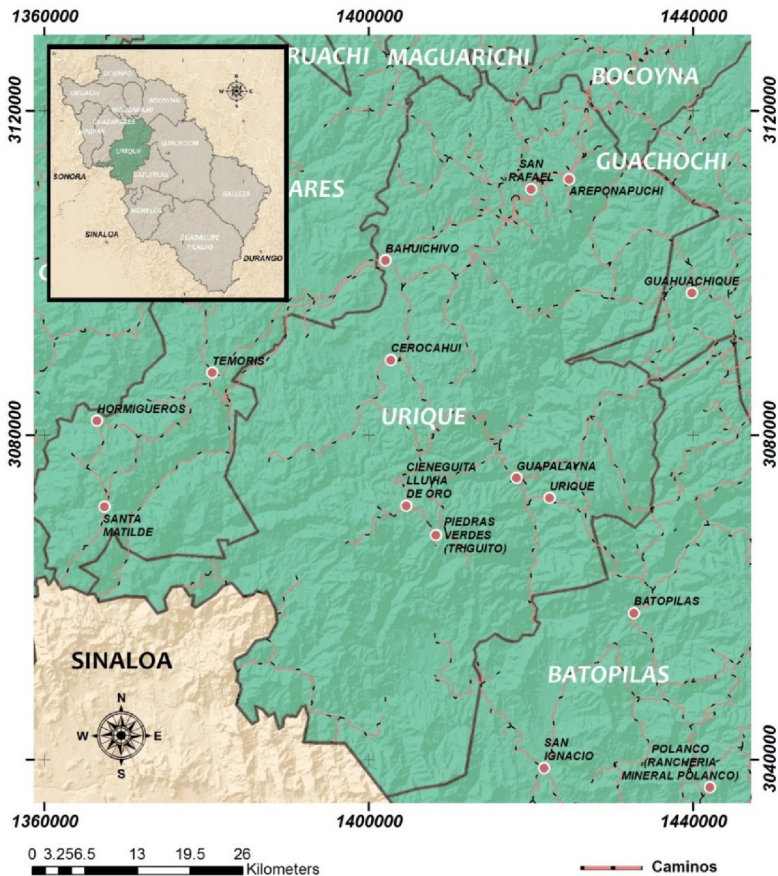


Figura 62. Localización del municipio de Urique en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

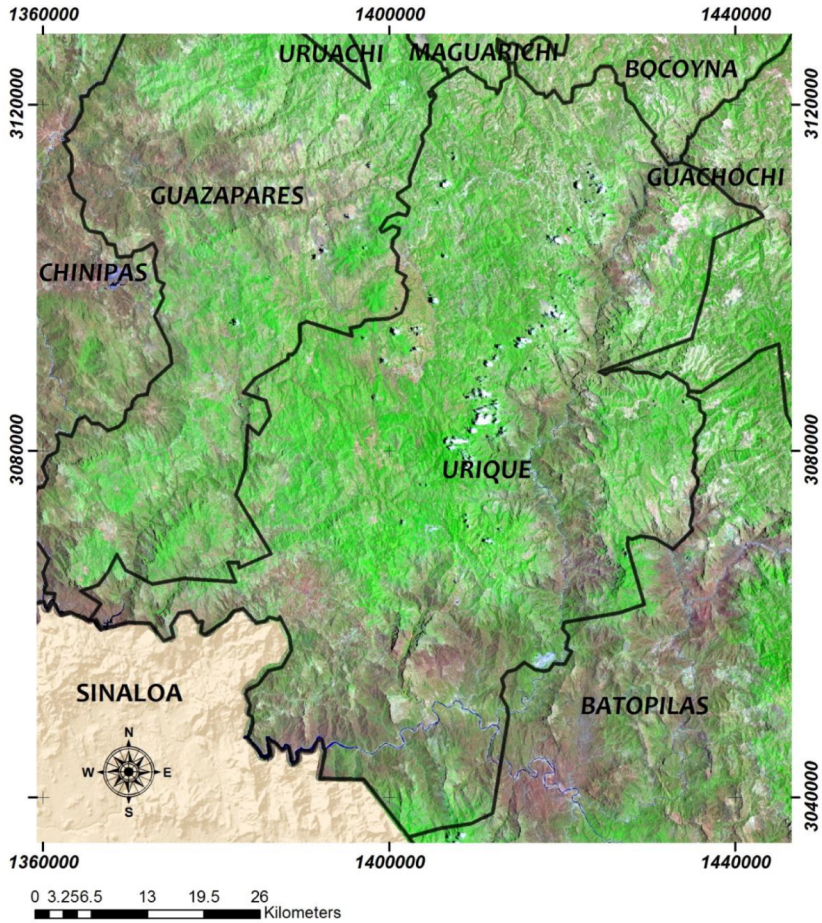


Figura 63. Imagen satelital compuesta del municipio de Urique; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

11.2 Socioeconomía

El nivel de educación presente es preescolar, primaria y media básica, además de una contar con una biblioteca pública. Las principales actividades son agricultura, ganadería, minería, comercio y turismo. El municipio cuenta con índice de rezago social que registra valores que van del 1.46 al 1.89 indicando un calor medio de rezago, mientras el índice de marginación presenta un 1.13 a 1.99 colocándolo también en un nivel medio.

11.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 190 y 2,625 metros sobre el nivel del mar. Fisiográficamente lo constituyen las subprovincias Gran meseta y cañones Chihuahuenses (100%). El sistema de topoformas incluye Sierra alta con cañones (88.3) Gran meseta con cañadas (11.5%) y Valle abierto de montaña (0.2%).

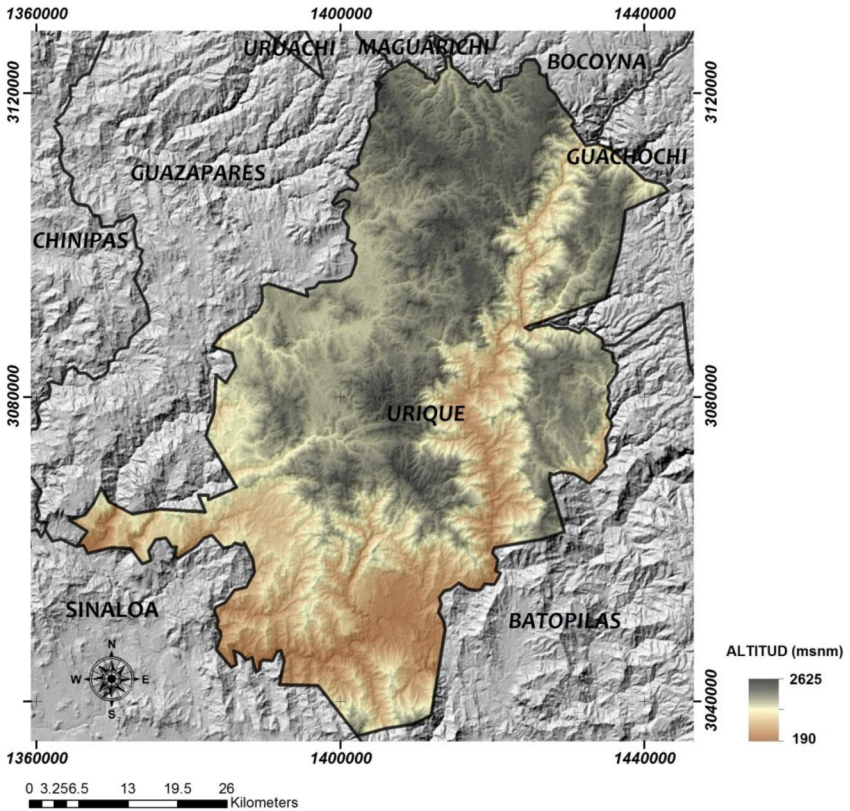


Figura 64. Distribución altitudinal del municipio de Urique. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

11.4 Clima

La temperatura oscila entre los 10 y 26 °C. La precipitación media es de 850 milímetros anuales. Cuenta con clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, semiseco muy cálido y cálido, templado subhúmedo con lluvias

en verano, de menor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad

11.5 Uso de Suelo

Es una zona de barrancas en las que predomina el bosque de pino, pino-encino y selva baja caducifolia. En la parte de la selva baja se encuentran asociaciones de *Acacia cochliacantha* - *Senna bicapsularis* - *Prosopis* sp., así como individuos de gran porte entre los que destacan *Lysiloma microphyllum* y *Pachycereus* sp. En la región se lleva a cabo el pastoreo de ganado bovino y caprino. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque de encino, cuerpos de agua, pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de pino.

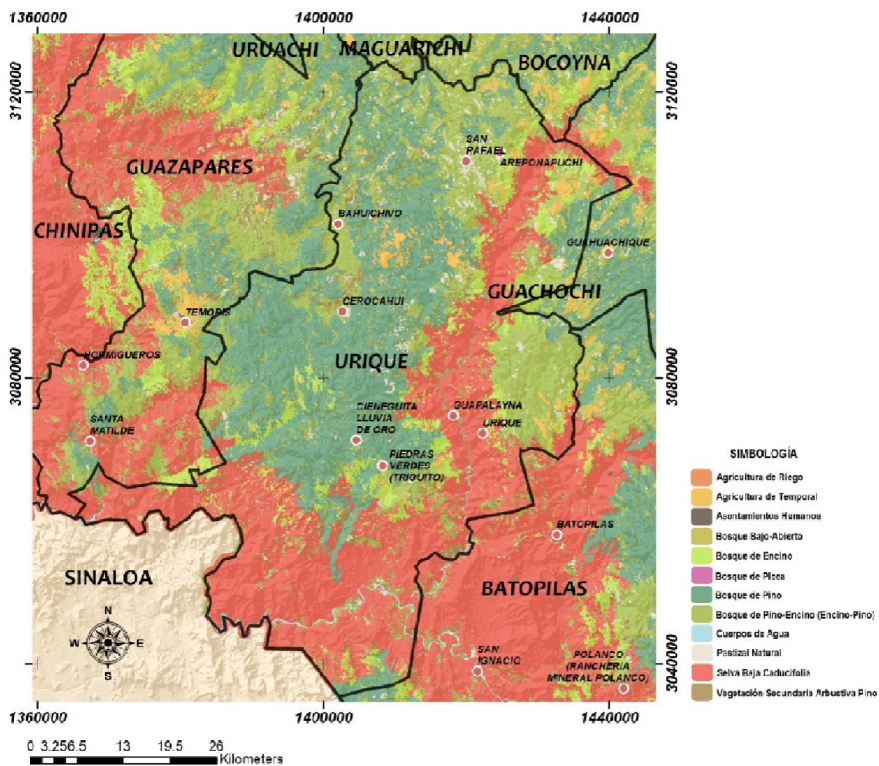


Figura 65. Distribución del uso del suelo del municipio de Urique. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

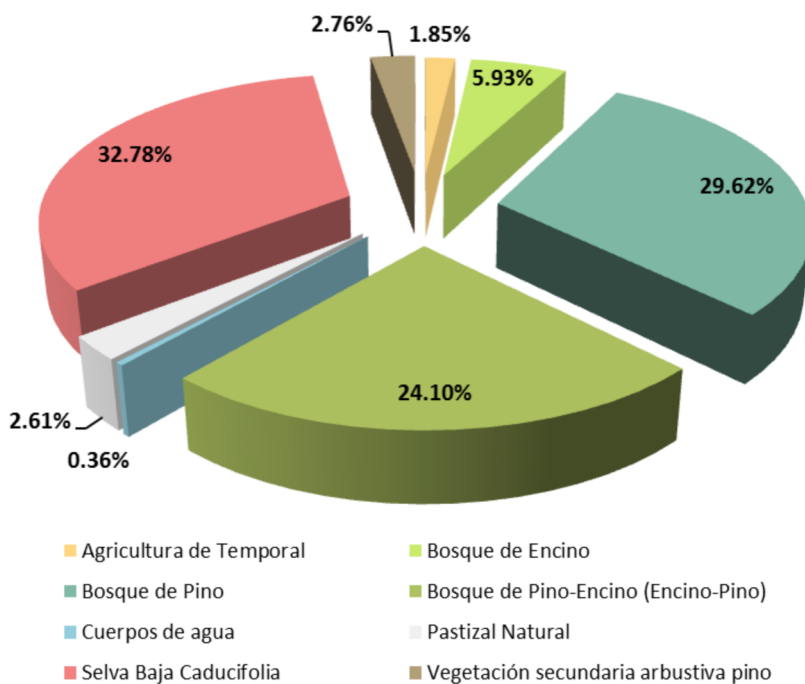


Gráfico 31. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Urique.

Predominantemente, la clase de selva baja caducifolia se distribuye en el municipio de Urique con una superficie de 114,668 ha, seguido de Bosque de pino con 100,464 ha y de Bosque de Pino-Encino (Encino-Pino) con 85,068 ha.

11.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Urique está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación (155,202 ha) y áreas con medio índice de fragmentación con una superficie de 138,489 ha.

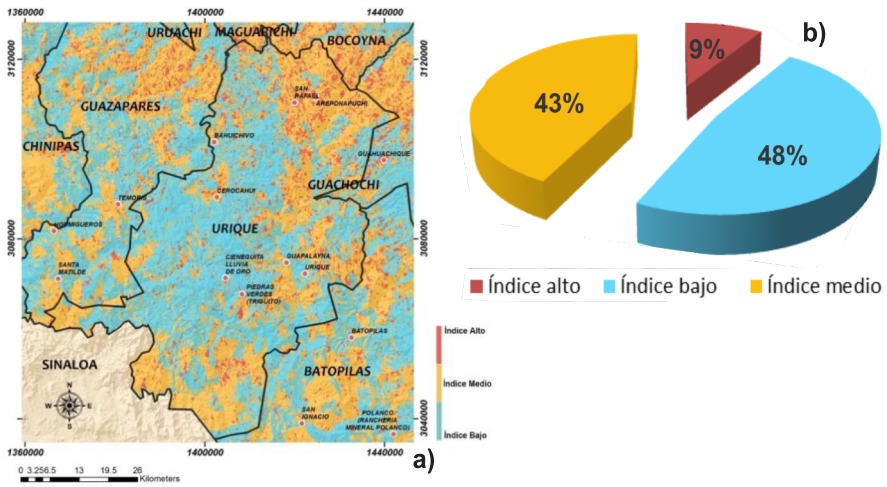


Figura 66. a) Mapa de las áreas con algún nivel de fragmentación en el municipio de Urique, b) el gráfico 32, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Urique

11.7 Índice de Disturbio (ID)

El disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 255,090 ha.

Figura 67.

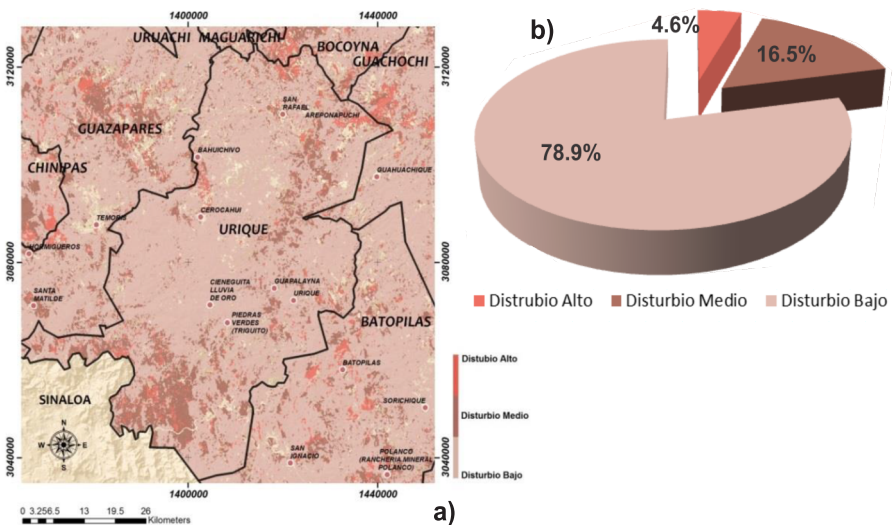


Figura 67. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) el gráfico 33 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Urique.

XII. Uruachi

12.1 Localización

El municipio de Uruachi se ubica entre los paralelos 1795308.72 y 1738330.37 de latitud norte; los meridianos 1815488.14 y 1907730.81 de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Moris y Ocampo; al este con los municipios de Ocampo, Maguarichi y López; al sur con los municipios de López, Chínipas y el estado de Sonora; al oeste con el estado de Sonora y el municipio de Moris. Ocupa el 1.1% de la superficie del estado.

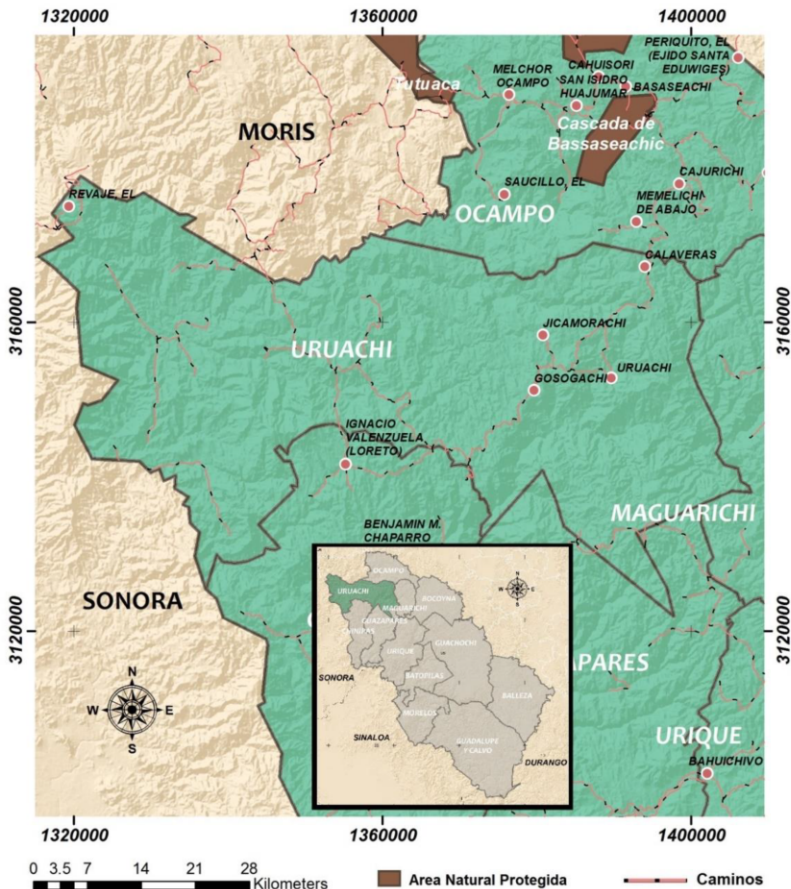


Figura 68. Localización del municipio de Uruachi en la Sierra Tarahumara. Doce Municipios que formaron parte del proyecto “Tarahumara Sustentable”.

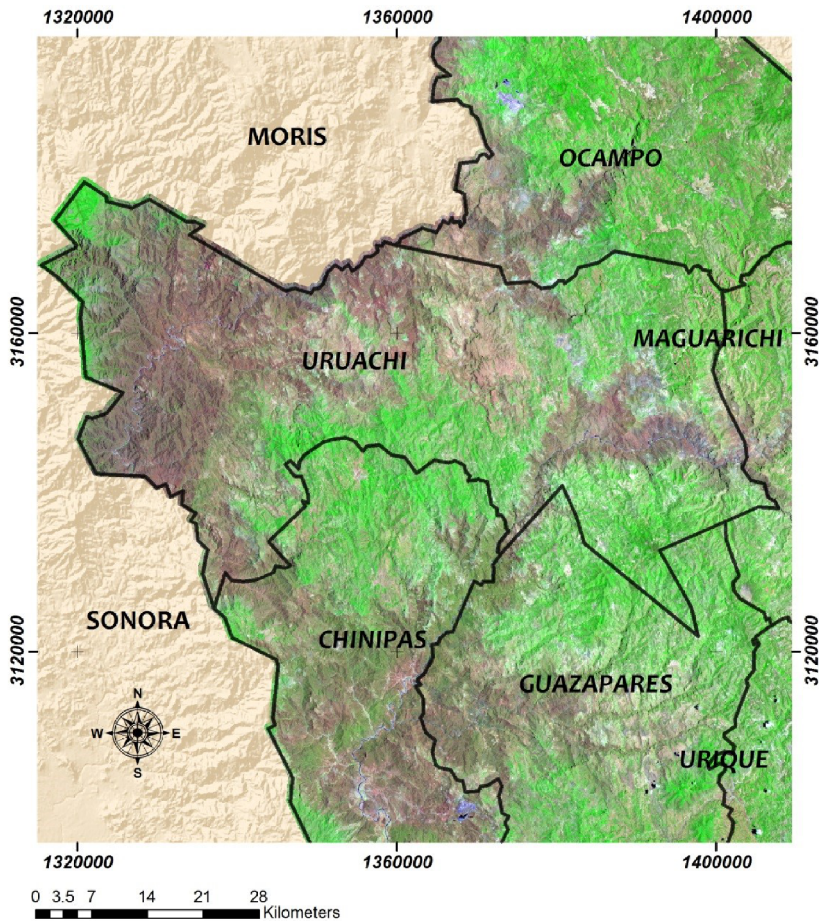


Figura 69. Imagen satelital compuesta del municipio de Uruachi; banda 7, 5 y 4 en el orden del RGB, del sensor Landsat 8 OLI, 2015. Adquisición de imágenes del United State Geological Survey (USGS).

12.2 Socioeconomía

El número de analfabetas es considerable aun cuando se atiende a la población con edad escolar en los niveles de preescolar, primaria y media básica. Se realizan actividades de ganadería y comercio. Los servicios son nulos. El municipio se encuentra en un nivel medio de rezago social presentado valores de índice de 1.46 a 1.89. Mientras que el índice de marginación presenta valores de 1.13 a 1.99 ubicándolo también el lugar medio.

12.3 Topografía

El rango de altitud va desde los 279 y 2,801 metros sobre el nivel del mar. Fisiográficamente lo constituyen las subprovincias Gran meseta y cañones Chihuahuenses (100%). El sistema de topoformas incluye Sierra alta con cañones (92.1%) y Gran meseta con cañadas (7.9%).

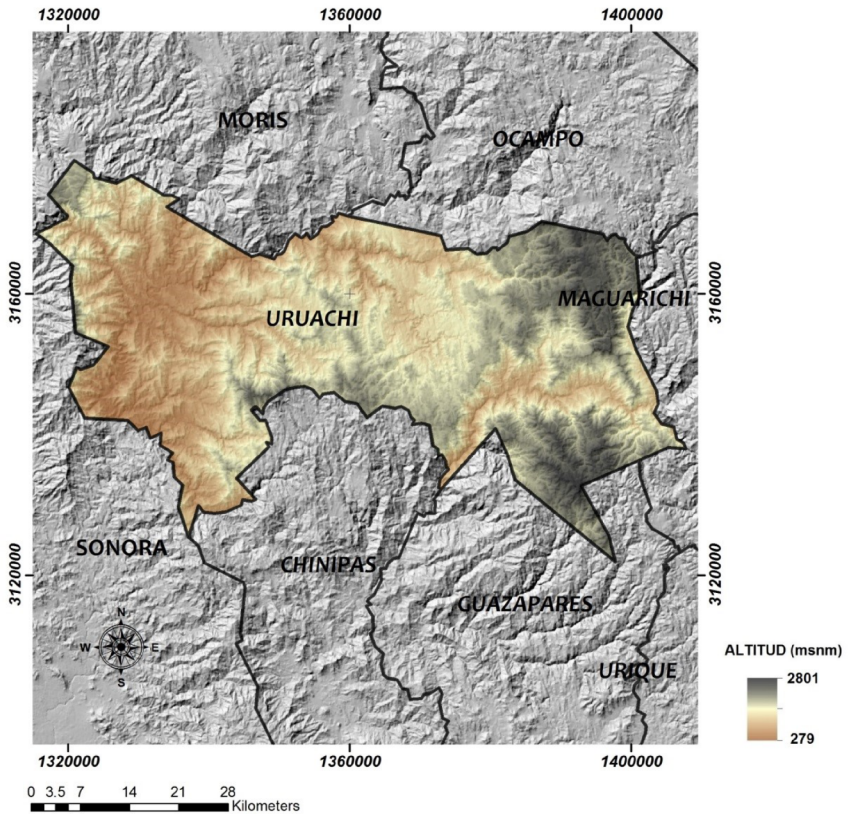


Figura 70. Distribución altitudinal del municipio de Uruachi. Modelo Digital de Elevación, obtenido del Continuo de Elevación Mexicano, CEM. 3.0 INEGI.

12.4 Clima

La temperatura oscila entre los 14 y 24 °C. La precipitación media es de 900 milímetros anuales. Cuenta con clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor

humedad, semiseco semicálido, semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad y semiseco muy cálido y cálido.

12.5 Uso de Suelo

Predomina el bosque mixto de pino-encino y la selva baja caducifolia compuesta de elementos arbóreos de porte mediano, no mayores a 15 metros entre los que se encuentran *Lysiloma microphyllum*, *Bursera laxiflora*, *B. odorata* y *Ceiba acuminata*, además, de otros elementos arbustivos y herbáceos. Otras clases de uso de suelo y vegetación que componen el municipio son agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque de encino, bosque de pino, pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de pino.

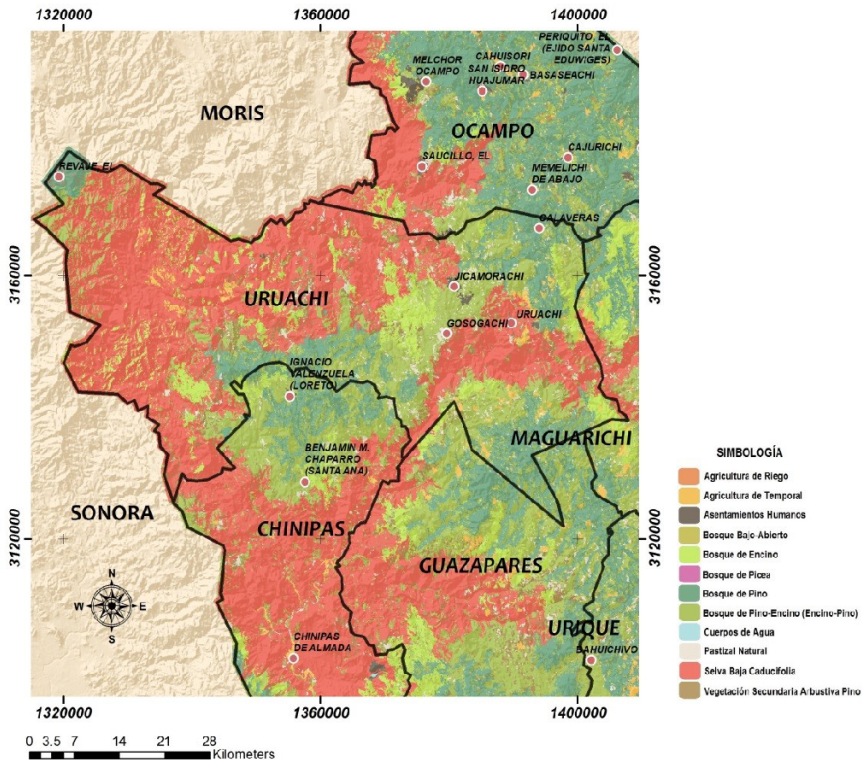


Figura 71. Distribución del uso del suelo del municipio de Uruachi. Información obtenida del proceso de clasificación de imágenes Landsat 8 OLI, 2015.

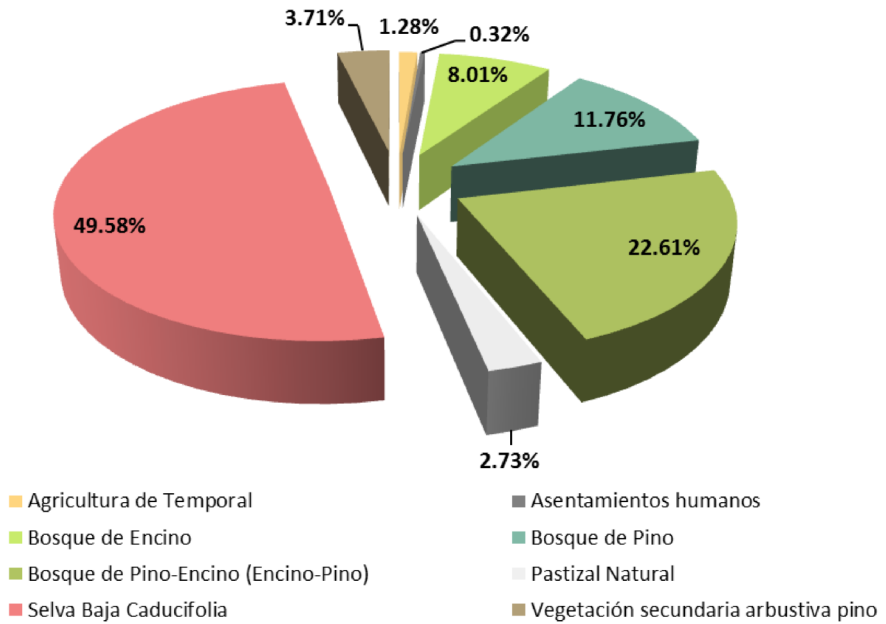


Gráfico 34. Porcentajes de ocupación del uso del suelo para el 2015 en el municipio de Uruachi.

En el municipio de Uruachi predomina selva baja caducifolia con una superficie de 139,346 ha, seguido de bosque de pino-encino (encino-pino) con 63,904 ha.

12.6 Análisis de la Fragmentación

La fragmentación en el municipio de Uruachi está conformada por áreas de bajo índice de fragmentación (136,593 ha) y áreas con medio índice de fragmentación con una superficie de 103,320 ha.

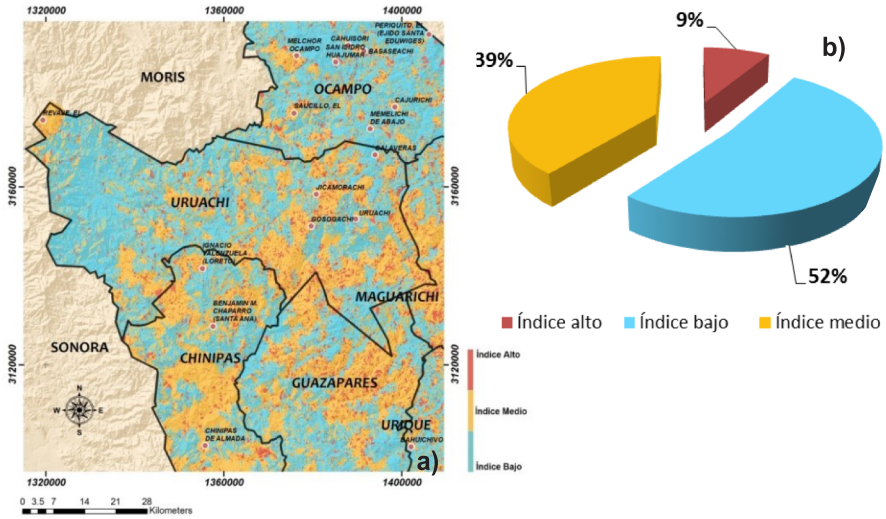


Figura 72. a) Mapa de fragmentación en el municipio de Uruachi, b) el gráfico 35, presenta el porcentaje de las áreas fragmentadas Uruachi.

12.7 Índice de Disturbio (ID)

El disturbio forestal bajo tiene mayor distribución en el municipio con 167,822 ha (Figura 73).

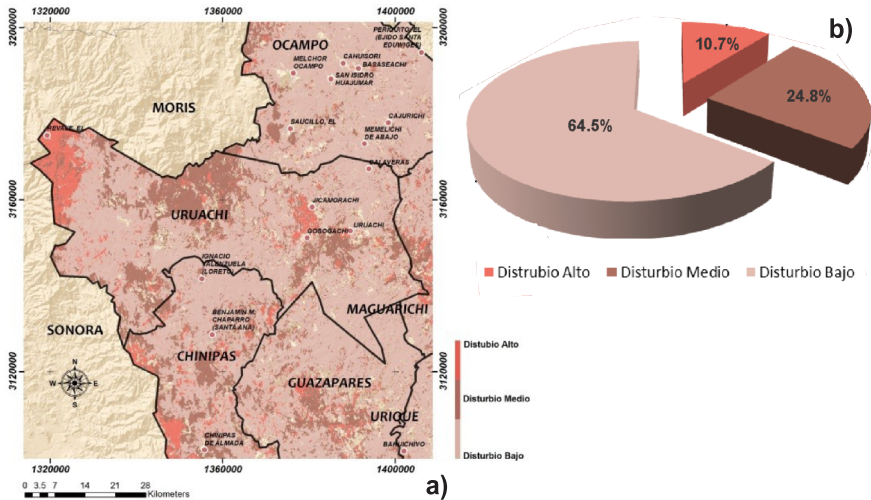


Figura 73. a) Mapa del Índice de Disturbio Forestal, b) el gráfico 36 presenta la distribución porcentual del disturbio en el municipio de Uruachi.

XII. Diagnóstico general de la Sierra Tarahumara

13.1 Generación de Usos de Suelo

13.1.1 Composición de bandas

La **Figura 74** presenta el mapa de uso del suelo de la ST derivado de la combinación de las bandas 7, 5 y 4 en los canales azul, verde y rojo del espectro del sensor Landsat OLI 8 del 2015. A partir de esta composición se definieron las 12 clases temáticas de uso de suelo

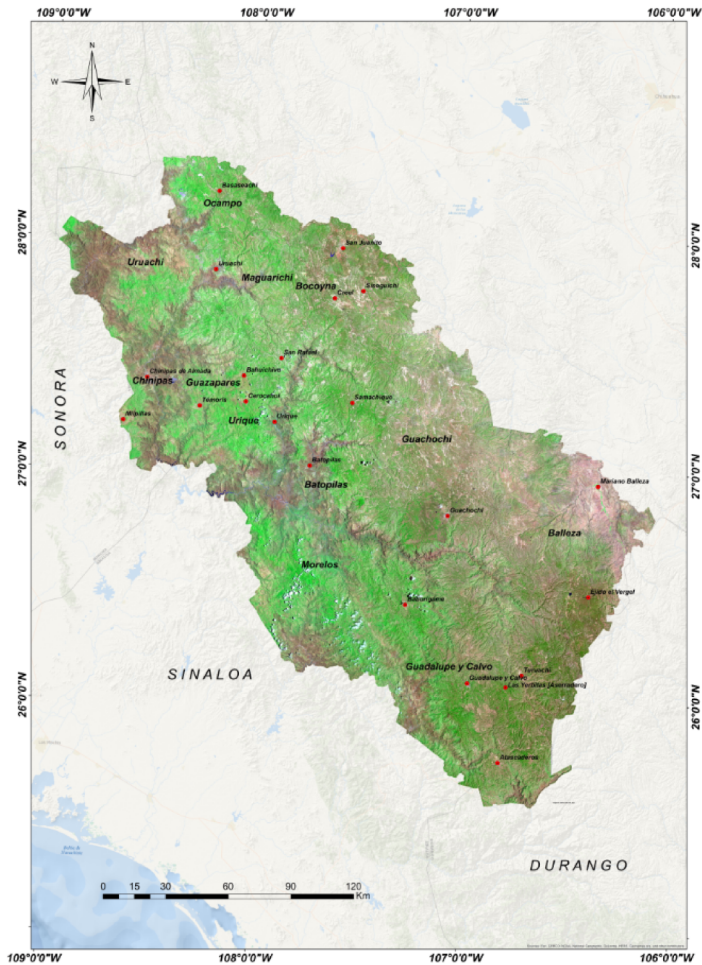


Figura 74. Mapa de Uso de Suelo del año 2015 derivado de la combinación de las bandas 7, 5 y 4 del satélite Landsat OLI.

13.1.2 Clasificación de uso de suelo

Las clases fueron: agricultura de riego, agricultura de temporal, asentamientos humanos, bosque bajo abierto, bosque de encino, bosque de picea, bosque de pino, bosque de pino-encino (incluye encino-pino), cuerpos de agua, pastizal natural, selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva pino (**Figura 75**). Esta decisión se apoyó en los registros de las clases en campo, su interpretación en el mapa compuesto y el posterior reconocimiento de las firmas espectrales a través del método de clasificación supervisada. Así mismo, también se consideró las cartografías temáticas del Gobierno del Estado de Chihuahua (1: 50,000) e INEGI (1: 250,000). Este método ajustó a las mismas 12 clases de uso de suelo a través del algoritmo de máxima probabilidad gaussiana o máxima verosimilitud.

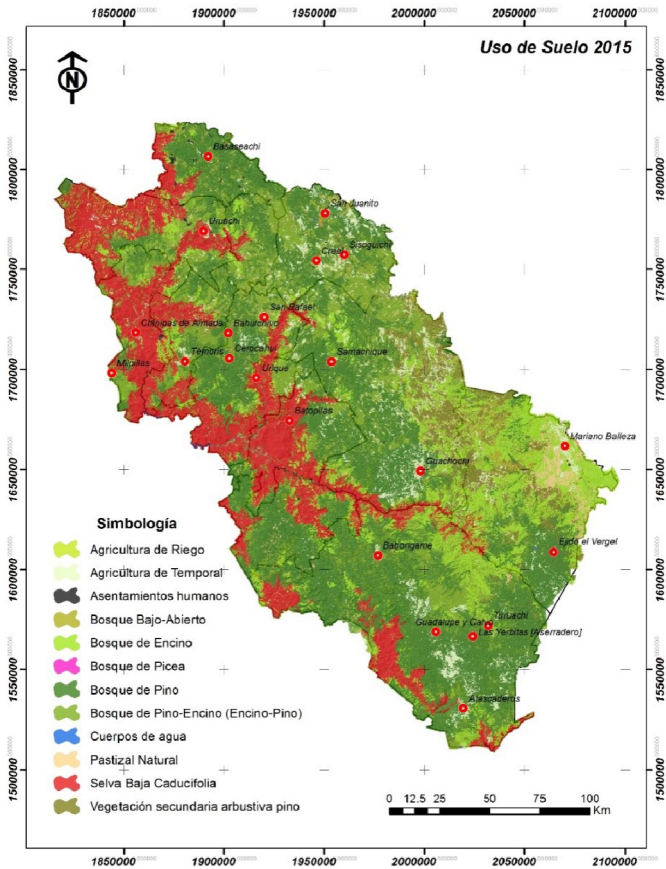


Figura 75. Mapa de las 12 clases de uso del suelo del 2015, derivadas del proceso de clasificación supervisada de imágenes Landsat OLI.

En relación a la superficie que ocupa cada clase de uso de suelo, el Cuadro 1 presenta la superficie en hectáreas y el porcentaje de las coberturas de uso de suelo del año 2015. La superficie de bosque de pino representó la mayor cobertura de clase con una extensión de 1,443,912.93 ha (34.08%). La segunda clase con mayor cobertura fue la representada por las comunidades de pino-encino y/o encino-pino (22%) con una distribución aproximada de 912,298.89 ha. La selva baja caducifolia y los bosques de encino se distribuyeron en el 17.3% y 12.7% del territorio de la ST respectivamente. Los asentamientos humanos ocuparon 10,114.70 ha. Los cuerpos de agua representadas por las presas, lagos y presones fue la clase de menor extensión (3,348.42 ha).

Cuadro 1. Superficie en hectáreas de los tipos de uso de suelo distribuidos en el 2015, determinados por técnicas de clasificación supervisada del sensor Landsat OLI de la región de estudio.

| Uso de Suelo | Superficie ha | % |
|--------------------------------------|---------------|-------|
| Agricultura de Riego | 1425.45 | 0.03 |
| Agricultura de Temporal | 177658.79 | 4.19 |
| Asentamientos humanos | 10114.70 | 0.24 |
| Bosque Bajo-Abierto | 27484.79 | 0.65 |
| Bosque de Encino | 536669.51 | 12.67 |
| Bosque de Picea | 321.65 | 0.01 |
| Bosque de Pino | 1443912.93 | 34.09 |
| Bosque de Pino-Encino (Encino-Pino) | 912298.89 | 21.54 |
| Cuerpos de agua | 3348.42 | 0.08 |
| Pastizal Natural | 12130.81 | 2.86 |
| Selva Baja Caducifolia | 733253.37 | 17.31 |
| Vegetación secundaria arbustiva pino | 267660.20 | 6.32 |

13.2 Cambios de Usos de Suelo en la Sierra Tarahumara

El Cuadro 2 muestra los cambios de uso de suelo en un período de 25 años. De 1990 al 2015, los bosques de pino presentaron las mayores pérdidas de superficie, 92,650 ha. En contraste, la vegetación secundaria arbustiva en zonas de pino se incrementaron 1,029 ha. También se expandieron los asentamientos humanos a 2,711 ha y se abrieron 1,456 ha para agricultura de temporal. El Bosque de pino encino y Selva Baja Caducifolia presentaron los mayores incrementos.

Cuadro 2. Análisis de cambios de usos de suelo de 1990 al 2015, de la región de la Sierra Tarahumara (valores positivos denotan decremento e inverso).

| Tipo de vegetación | Superficie en hectáreas | | | | Diferencia |
|--------------------------------------|-------------------------|-------|------------|-------|------------|
| | 1990 | % | 2015 | % | |
| Agricultura de Riego | 1505.58 | 0.03 | 1415.21 | 0.03 | 90.37 |
| Agricultura de Temporal | 175349.40 | 4.17 | 176806.00 | 4.21 | -1456.6 |
| Asentamientos humanos | 6165.11 | 0.14 | 8876.19 | 0.21 | -2711.08 |
| Bosque Bajo-Abierto | 26696.74 | 0.63 | 27295.15 | 0.65 | -598.41 |
| Bosque de Encino | 360688.52 | 8.58 | 349527.44 | 8.31 | 11161.08 |
| Bosque de Picea | 319.64 | 0.01 | 319.64 | 0.01 | 0 |
| Bosque de Pino | 1524978.60 | 36.27 | 1432327.62 | 34.07 | 92650.98 |
| Bosque de Pino-Encino (Encino-Pino) | 1088625.21 | 25.89 | 1173270.79 | 27.91 | -84645.58 |
| Cuerpos de agua | 3178.12 | 0.07 | 3319.59 | 0.08 | -141.47 |
| Pastizal Natural | 119866.22 | 2.85 | 120292.60 | 2.86 | -426.38 |
| Selva Baja Caducifolia | 725606.96 | 17.26 | 741764.45 | 17.65 | -16157.49 |
| Vegetación secundaria arbustiva pino | 167578.59 | 3.98 | 166548.96 | 3.96 | 1029.63 |
| Total | 4203752.57 | | 4203778.71 | | |

En general, los cambios de superficie los tipos de cobertura del suelo, tienen gran importancia para la estabilidad de los paisajes de las comunidades de la Sierra Tarahumara. La Figura 76 muestra los cambios de uso de suelo y vegetación de 1990 a 2015.

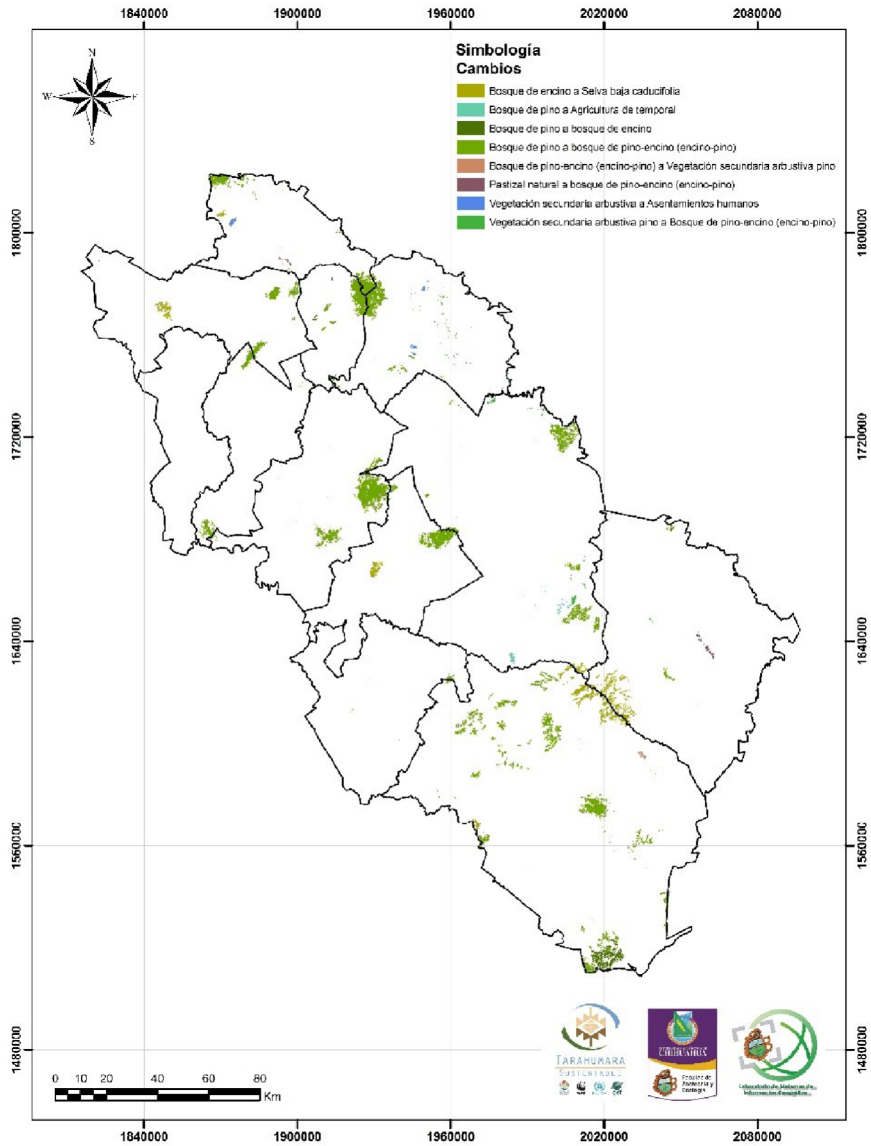


Figura 76. Análisis de cambios de uso de suelo y vegetación del periodo 1990 – 2015 de la Sierra Tarahumara.

13.3 Análisis de Fragmentación

La evaluación de los procesos de fragmentación utilizó métricas del paisaje como métodos cuantitativos de ecología del paisaje. Las evaluaciones de las métricas del paisaje son el resultado de los procesos de las clases de cobertura realizadas con el módulo de Patch Analyst de ArcGIS. El **Cuadro 3** presenta los resultados de las métricas del paisaje en la ST. El número de parches (Nump) fue el principal indicador de tendencia que mostró la heterogeneidad del paisaje en relación al uso de suelo. La ST experimenta un proceso de fragmentación asociado al número de parches. Los bosques de pino-encino y encino-pino presentaron el mayor número de parches (128,402) lo cual denotó una tendencia hacia los procesos de fragmentación. La vegetación secundaria arbustiva de pino (29,306), el pastizal natural (21,669), el bosque de encino (18,390) y la selva baja caducifolia (17,894) precedieron la tendencia hacia el proceso de fragmentación. El tamaño medio del parche (MPS) proporcionó el nivel del grado de fragmentación basado en la descripción del cambio en el paisaje de acuerdo con McGarigal y Marks (1995). El uso de suelo de bosque de pino-encino (encino-pino) es el más representativo en el MPS dado su valor (9) y lo numeroso de los parches. El mismo comportamiento presentaron la vegetación secundaria arbustiva de pino, el pastizal natural, el bosque de encino y la selva baja caducifolia. Las **Figuras 77 y 78** presentan los histogramas de Nump y MPS para las clases de cobertura de la ST.

Por otro lado, el índice de dimensión fractal (IDF) se utilizó para evaluar la magnitud de la fragmentación, de manera que describió que tan heterogéneo u homogéneo es el paisaje. El **Cuadro 4** presenta los criterios de reclasificación usados para determinar el índice de dimensión fractal. En general, los valores de 0 a 1.3 de IDF se distribuyen por toda la ST y representa áreas de bosque de pino, pino encino con fragmentación de ligera a moderada; los valores de 1.3 a 1.4 se asocian a vegetación de transición (asociación pastizal-encino, bosques de encino), vegetación secundaria en bosques de pino y selva baja caducifolia con mayor grado de complejidad en su estructura que explica una fragmentación moderada. Los IDF más altos se presentan en áreas donde predominan los pastizales naturales e inducidos, agricultura de temporal, áreas de agricultura de riego, áreas perturbadas por extracción de madera, minerales y asentamientos humanos. Estas áreas representan los niveles más complejos de degradación de los suelos, en los cuales es importante explicar la estabilidad en la interacción entre las especies. Esto debido a que la subdivisión influenciada por el número de parches tiene efectos en la propagación y disturbios de las especies en un ecosistema. Los resultados de este análisis se presentan en la **Figura 79**.

Cuadro 3. Superficie en hectáreas de los tipos de uso de suelo distribuidos en el 2015, determinados por técnicas de clasificación supervisada del sensor Landsat OLI de la región de estudio.s del proceso de clasificación supervisada de imágenes Landsat OLI.

| Tipo de vegetación | AWMSI | ED | MPE | MPS | NumP | MedPS | PSCoV | PSSD | CA |
|--------------------------------------|--------|-------|-----------|---------|----------|--------|--------|---------|----------|
| Bosque de Pino-Encino (Encino-Pino) | 5.288 | 47.56 | 1528.256 | 9.000 | 128402.0 | 2.733 | 1479.9 | 133.193 | 1155635. |
| Selva Baja Caducifolia | 11.776 | 16.17 | 3729.073 | 40.474 | 17894.0 | 3.069 | 1486.6 | 601.689 | 724237.1 |
| Vegetación secundaria arbustiva pino | 2.967 | 8.284 | 1166.209 | 5.542 | 29306.0 | 2.454 | 674.43 | 37.374 | 162400.9 |
| Pastizal Natural | 2.937 | 5.719 | 1088.826 | 5.420 | 21669.0 | 2.453 | 1010.3 | 54.764 | 117449.3 |
| Cuerpos de agua | 8.238 | 0.147 | 9162.669 | 43.096 | 66.0 | 11.548 | 205.09 | 88.387 | 2844.305 |
| Bosque de Encino | 7.605 | 10.82 | 2428.080 | 18.548 | 18390.0 | 2.989 | 1107.6 | 205.442 | 341103.8 |
| Asentamientos humanos | 3.031 | 0.207 | 4087.128 | 42.413 | 209.0 | 7.189 | 220.37 | 93.469 | 8864.399 |
| Agricultura de Temporal | 3.726 | 5.571 | 2098.143 | 15.841 | 10954.0 | 3.512 | 493.85 | 78.233 | 173525.3 |
| Bosque de Pino | 79.310 | 18.94 | 29986.007 | 541.287 | 2607.0 | 3.013 | 2670.6 | 14455.9 | 1411136. |
| Bosque Bajo-Abierto | 3.753 | 0.795 | 3433.564 | 27.975 | 955.0 | 5.165 | 298.78 | 83.586 | 26716.28 |
| Agricultura de Riego | 1.777 | 0.067 | 1177.114 | 6.020 | 234.0 | 3.028 | 155.71 | 9.374 | 1408.657 |
| Bosque de Picea | 2.193 | 0.012 | 2600.671 | 16.823 | 19.0 | 13.349 | 87.675 | 14.750 | 319.646 |

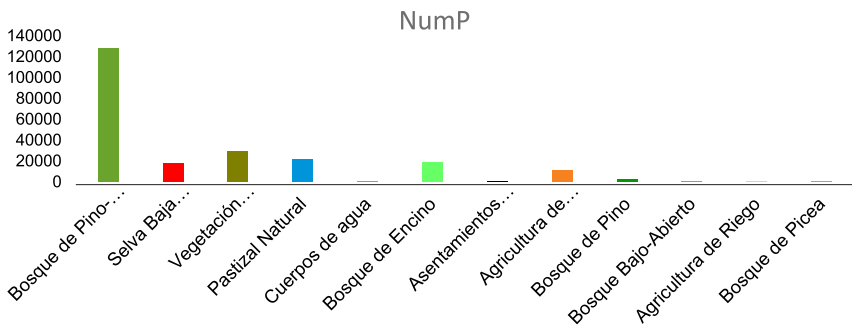


Figura 77. Histograma del número de parches (NumP) o fragmentos para el periodo de evaluación 2015 de los doce municipios de la Sierra Tarahumara.

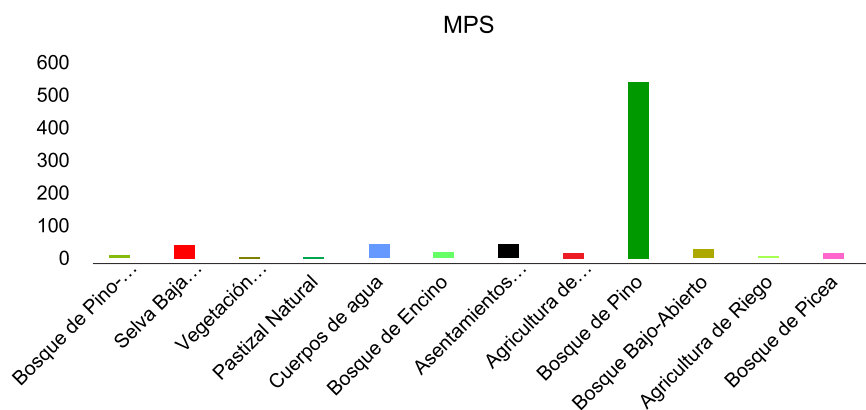


Figura 78. Histograma del tamaño medio de los parches (MPS) o fragmentos para el periodo de evaluación 2015 de los doce municipios de la Sierra Tarahumara.

Cuadro 4. Descripción de los criterios de reclasificación para determinar el Índice de Dimensión Fractal.

| FD | Descripción |
|-----------|--|
| 0.0 – 1.3 | Las áreas que se localizan bajo estos valores de dimensión fractal están distribuidas por toda la región de estudio. Se encuentran en las zonas de bosque templado, compuestos por bosques de pino y bosques de encino. Estas comunidades forman masas más homogéneas y ligeramente fragmentadas, principalmente se ubican en altitudes que superan los 1900 msnm. |
| 1.3 – 1.4 | Este rango está definido por tipos de vegetación de transición (asociación pastizal- encino, bosques de encino), vegetación secundaria en bosques de pino, selva baja caducifolia influenciada por condiciones ambientales y la orografía muy accidentada y asociada a actividades humanas que provocan una fragmentación moderada. |
| 1.4 – 2.0 | Las áreas con mayor índice FD y las que conforman paisajes más heterogéneos en la región, son los usos de suelos compuestos por pastizales naturales e inducidos, agricultura de temporal, áreas de agricultura de riego, áreas perturbadas por extracción de madera, minerales y asentamientos humanos. Estos conforman pequeños mosaicos que se extienden a lo largo de toda la región de la ST. |

AWMSI= Media del índice de forma del área ponderada, ED= Densidad del borde, MPE= Media del borde del parche, MPS= Media del tamaño del parche, NumP= Número de parches, MedPS= Mediana del tamaño del parche, PSCoV= Coeficiente de varianza del tamaño del parche, PSSD= Desviación estándar del tamaño del parche. CA= Área del parche.

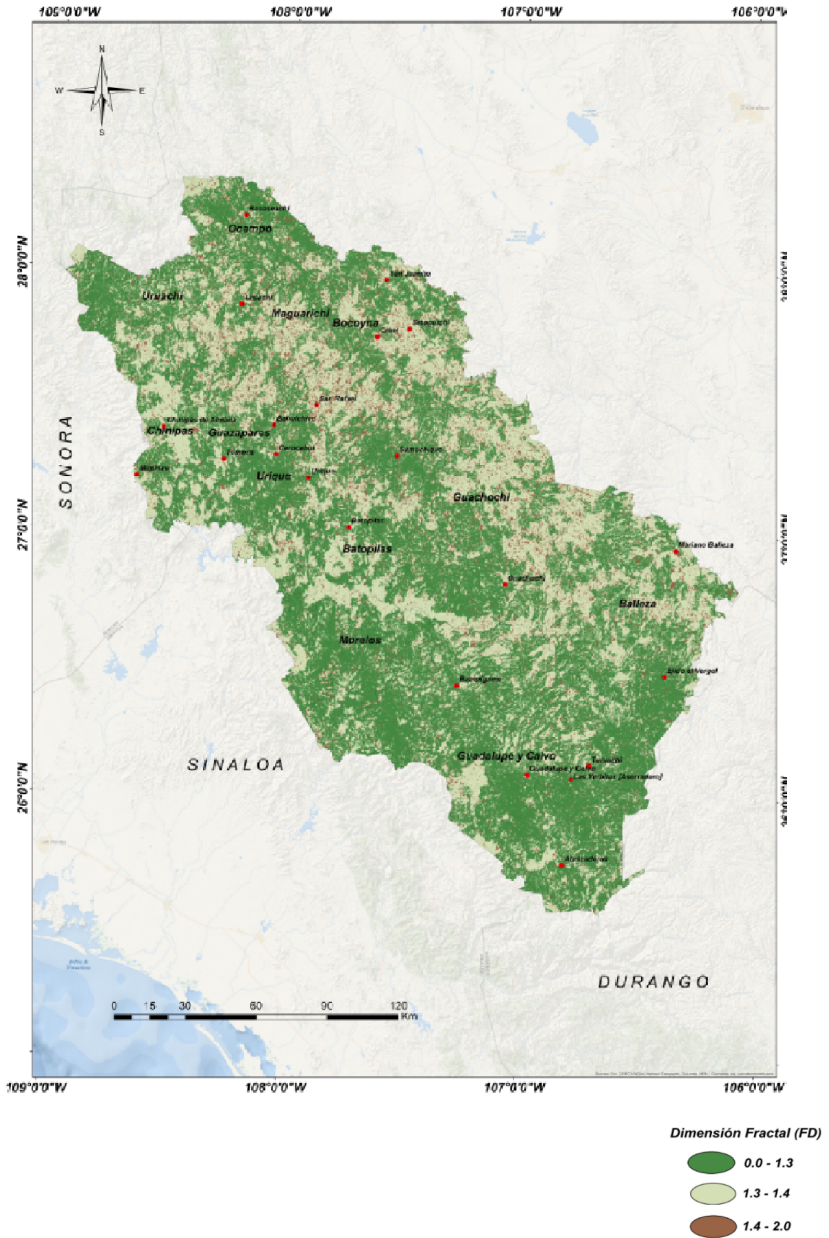


Figura 79. Mapa de fragmentación de la región de estudio, empleando la Dimensión Fractal.

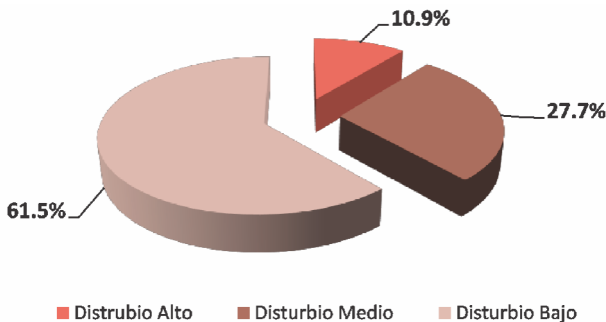
13.4 Análisis de Disturbio Forestal

Los cambios espaciales en la cobertura vegetal de los ecosistemas forestales son detectados mediante el índice de Disturbio Forestal (ID) el cual permite identificar áreas en donde se ha perdido cobertura de los diferentes tipos de vegetación en las zonas de bosques, por lo que es necesario discriminar todas las áreas no forestales antes de realizar el proceso. Así mismo es importante contar con datos de campo para la validación de los resultados obtenidos del ID y corregir la posible generación de “falsos positivos”.

El ID es calculado a partir de la información generada mediante una transformación Tasseled Cap hecha a las imágenes de satélite, utilizando los tres componentes (brillo, verdor y humedad) generados a partir de dicha transformación. Los valores positivos obtenidos a partir del cálculo del ID representan altos niveles de brillo, pero bajos valores en verde y humedad. El índice de degradación es calculado como los valores totales de brillo menos la sumatoria de los valores en verde y humedad.

El análisis del DI del 2015, empleando como primer paso la técnica Tasseled Cap permitió identificar las áreas bajo algún nivel de disturbio en la región de la Sierra Tarahumara. Los valores del índice fueron reclasificados en tres niveles: Disturbio alto, medio y bajo, el proceso de clasificación de los tres niveles, se realizó a través del análisis de su histograma. Las clases de disturbio fueron validadas visualmente y usando la composición en falso color del 2015, este procedimiento emplea la sobre posición de mapas para validar los valores de disturbio, verificando que las áreas de disturbio alto, se ubicaron en áreas desprovistas de vegetación, o donde se observaron aprovechamientos forestales, incendios, caminos, entre otros.

La **Gráfica 1** y la **Figura 80**, presenta la información del disturbio forestal en el área de estudio. La región se encuentra en un estado de conservación moderado, presentando en su mayor proporción una superficie de estatus de bajo disturbio.



Gráfica 1. Distribución del Índice de Disturbio forestal en la ST.

Cuadro 5. Distribución del disturbio forestal en la región de estudio comprendida en la Sierra Tarahumara.

| Índice de Disturbio | Superficie en ha | % |
|---------------------|------------------|------|
| Disturbio Alto | 398,391 | 10.9 |
| Disturbio Medio | 1,014,000 | 27.7 |
| Disturbio Bajo | 2,253,000 | 61.5 |

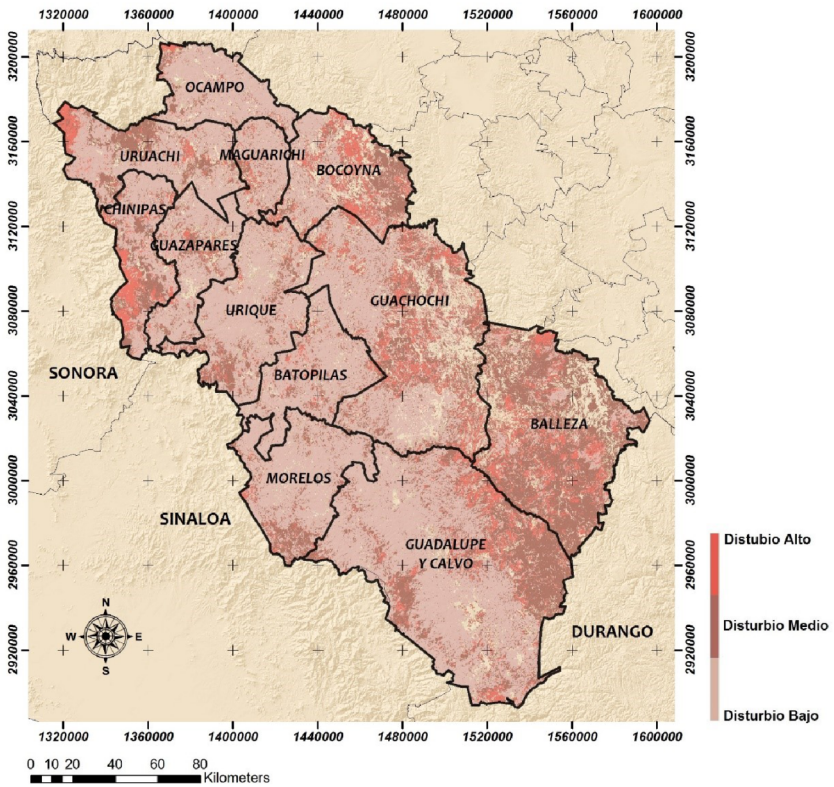


Figura 80. Distribución espacial del Índice de disturbio forestal en la región de la Sierra Tarahumara.

14. Bibliografía

Hilker, T., M. Wulder, N. Coops, J. Linke, G. McDermid, J. Masek, F. Gao y J. C. White. 2009. A new data fusion model for high spatial- and temporal-resolution mapping of forest disturbance based on Landsat and MODIS. *Remote Sens. Environ.* 113: 1613–1627.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. México en Cifras. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 08008.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005. Guía para la interpretación de la Cartografía del Uso de Suelo y Vegetación.

Jin, S. y S. A. Sader. 2005. Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sens. Environ.* 94: 364–372.

Kuemmerle, T., P. Hostert, V. C. Radeloff, K. Perzanowski e I. Kruhlov. 2007. Post-socialist forest disturbance in the Carpathian border region of Poland, Slovakia, and Ukraine. *Ecol. Appl.* 17: 1279–1295.

McGarigal, K., y B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U.S. For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351.

UMAFOR0805 (Unidad de Manejo Forestal San Juanito A. C.). 2009. Estudio regional forestal. Bocoyna, Chih. México.

Unidad de Manejo del Proyecto Tarahumara Sustentable

Manuel Chávez Díaz
Coordinador General

Enrique Prunés Soto
Coordinador de la base científica y herramientas para la toma de
decisiones

Georgina Gaona Pando
Coordinadora de gobernanza ambiental y política para la gestión
sustentable.

Miguel Valles Pérez
Coordinador de intervenciones a escala.

Nigda C. Carrasco Bencomo
Asistente técnico y de logística



TARAHUMARA SUSTENTABLE



CONANP
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS
NATURALES PROTEGIDAS



WWF



PNUMA



gef

ISBN: 978-607-536-014-0



9 786075 360140

www.tarahumarasustentable.mx