



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Geografía.

**Exploración de factores que afectan la expansión agrícola y su
variabilidad espacial a nivel municipal en el estado de Guerrero,
mediante análisis de regresión local.**

Reporte final para obtener el grado de

**Especialista en cartografía automatizada, teledetección
Y sistemas de información geográfica.**

20° Promoción

Presenta

Irving Manrique González

Asesor

Dr. Noel Bonfilio Pineda Jaimes

Toluca, México; Enero 2016



Agradecimientos

La culminación de este trabajo, se deben gran parte al esfuerzo personal y al gran apoyo de personas que brindaron sus ánimos y confianza, para llevar a cabo de manera correcta el desarrollo del posgrado

Agradezco a mis padres y a mi familia en general por el apoyo económico y moral brindado para poder trasladarme desde mi estado natal Guerrero, a la ciudad de Toluca para realizar mis estudios de especialidad.

A mis amigos y compañeros por darme ánimos consejos y muchas cosas más, siempre con el motivo de salir adelante.

Al comité de la especialidad por aceptarme para realizar la especialidad.

A los profesores que de buena forma impartieron su clase durante el año que duro la especialidad, también quiero agradecer al DR. Noel por aceptar asesorarme en este reporte final de especialidad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (CONACYT) por la beca otorgada.

Índice	
Resumen	4
Introducción.....	5
Planteamiento del problema	6
Justificación	7
Objetivo General.....	8
Objetivos específicos.....	8
Capítulo 1 Marco teórico.....	9
1.1. Antecedentes	10
1.2. Zona de estudio	12
1.3. División municipal.....	13
1.4. Regiones.....	16
1.5. Clima.....	17
1.6. Edafología.....	18
1.7. Flora y Fauna	19
1.8. Agricultura	20
1.9. Cambio de uso de suelo	22
1.10. Regresión geográficamente ponderada (RGP)	24
Capítulo 2 Metodología	26
2.1. Cambio de uso de suelo (Tabulación cruzada)	27
2.2 Aplicación de regresión	30
2.3. Descripción de variables	31
Capítulo 3 Resultados.....	34
3.1. Descripción del cambio de uso del suelo.....	35
3.2. Análisis de la regresión	41
Conclusiones.....	52
Recomendaciones	52
Bibliografía.....	53

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación del estado de Guerrero.....	13
Figura 2 División Municipal del estado de Guerrero.....	14
Figura 3 Regiones del estado de Guerrero.....	16
Figura 4 Climas del estado de Guerrero.....	17
Figura 5 Tipos de suelo del estado de Guerrero.....	18
Figura 6 Agricultor del estado de Guerrero.....	20
Figura 7 Ubicación geográfica de la producción de maíz, por Distrito, dentro del Estado de Guerrero.....	21
Figura 8 Curvas de tipo Gaussiano.....	25
Figura 9 Esquema de la función kernel y ancho de banda en la regresión geográficamente.....	25
Figura 10 Resultados del comando Crosstab.....	27
Figura 11 Comparación de las coberturas de uso de suelo en formato raster.....	29
Figura 12 Pérdidas y ganancias de coberturas.....	35
Figura 13 Cambio neto de coberturas.....	35
Figura 14 Mapa de cambios en todas las coberturas.....	36
Figura 15 Mapa de cobertura persistente.....	37
Figura 16 Mapa de Perdidas, Ganancias y persistencia en cobertura Agrícola.....	38
Figura 17 Mapa de coberturas que cambiaron hacia cobertura agrícola.....	39
Figura 18 Mapa de coeficiente de temperatura.....	42
Figura 19 Mapa de coeficiente de altitud.....	43
Figura 20 Mapa de coeficiente de Precipitación.....	44
Figura 21 Mapa de coeficiente de densidad de población.....	45
Figura 22 Mapa de coeficiente de distancia a localidades.....	46
Figura 23 Mapa del coeficiente de personas con 15 años y más analfabetas.....	47
Figura 24 Mapa de coeficiente de población económicamente activa.....	48
Figura 25 Mapa de coeficiente de distancia media a carreteras.....	49
Figura 26 Mapa de coeficiente de pendiente media.....	50
Figura 27 Mapa de ajuste de R2.....	51

Índice de tablas.

Tabla 1 División Municipal del estado de Guerrero.....	15
Tabla 2 Tabulación cruzada por el método de Pontious et al (2004).	23
Tabla 3 Homogenización de leyenda.....	28
Tabla 4 Descripción de variables.....	32
Tabla 5 Resultados de la tabulación cruzada.....	40

Resumen

En el presente trabajo se analizan los diversos factores que de acuerdo a los estudios de diversos autores producen la expansión agrícola, el método estadístico utilizado para analizar los factores es la denominada regresión geográficamente ponderada.

Durante el análisis se encontró que en total 3 municipios no presentaron crecimiento agrícola, de las variables utilizadas 5 presentaron variabilidad espacial positiva y negativa sobre el crecimiento agrícola en diferentes zonas del estado de Guerrero, dichas variables son: temperatura, precipitación, distancia media de carreteras federales y autopistas a áreas con ganancia agrícola, Distancia media de áreas con ganancia agrícola a localidades urbanas y rurales y pendiente media.

En el modelo implementado se obtuvo una R^2 de 0.70, dicho modelo se ajustó mejor en los municipios de Acapulco de Juárez, Coyuca de Benítez, Atoyac de Alvares, Benito Juárez, Chilpancingo de los Bravo, Leonardo Bravo y Eduardo Neri.

Introducción

Durante el transcurso de la revolución industrial en la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX, el hombre sufrió un proceso de cambio social, económico y tecnológico, que impacto principalmente en las industrias que tienen como objetivos el bienestar humano. La producción agrícola y forestal sufrió grandes cambios debido a la creación y demanda de los mercados y a la vez impactados por la gran cantidad de nuevas vías de comunicación y medios de transporte que se crearon durante esa época gracias al gran impulso del desarrollo industrial que obtuvo el ser humano.

Lo anterior conlleva a una relación de la pérdida de hábitat, diversidad biológica, servicios ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas (Dunjo, et al., 2003). Es por ello que es necesario realizar un exhaustivo análisis debido a la fuerte y dinámica influencia del ser humano consecuente del constante expansionismo que tiene este último sobre el territorio. Lambin (1997), asegura que la mayoría de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se deben a: 1) conversión de la cobertura del terreno, 2) degradación del terreno 3) intensificación en el uso del terreno.

El método más empleado para conocer los procesos de cambio en el territorio es el Análisis de los procesos de Cambio de Cobertura y Uso del Suelo (ACCUS) (Lambin *et al.*, 2001). El ACCUS permite no solo conocer los aspectos biofísicos sino también, aspectos socioeconómicos. Además permite cuantificar la extensión actual de bosques en un territorio y entender las causas del fenómeno; igualmente permite generar modelos espaciotemporales de los procesos de cambio ocurridos durante determinados períodos.

Otros métodos usados en menor medida son las técnicas estadísticas denominadas regresión, originalmente estas técnicas surgieron para dar solución a problemas no precisamente relacionados con el ámbito del estudio del territorio pero con el desarrollo de la tecnología e investigación en los últimos años han tenido realce dentro del área, en el presente trabajo se enfocara en la denominada regresión geográficamente ponderada, dicha técnica permite estudiar la variabilidad espacial de factores que influyen en el desarrollo de un fenómeno, en este caso los fenómenos que afectan la expansión agrícola a nivel municipal.

Planteamiento del problema

La agricultura es una actividad económica de suma importancia para el ser humano según datos del banco mundial un tercio del producto interno bruto (PIB) mundial y tres cuartas partes del empleo en África al sur del Sahara. Pero más allá de considerarse una actividad económica se puede considerar como parte cultural del ser humano debido a la larga historia que comparte con el ser humano por lo que es de suma importancia comprender como las actividades humanas influyen en su desarrollo.

México es un país con una gran variedad de recursos naturales que son dignos de tener un monitoreo constante que permita hacer un uso sostenible de ellos.

El estado de Guerrero ubicado al sur del país, ha sufrido grandes cambios en su cobertura vegetal consecuente de la expansión del ser humano para satisfacer sus necesidades. Una de las principales causas de la alteración de la cobertura vegetal es la expansión de las zonas agrícolas, que de las actividades económicas desde el punto de vista de uso de suelo, la agricultura es la mayor actividad económica del estado, por ello es importante identificar los factores que producen su expansión además de identificar las zonas en las que mayormente se produce este fenómeno.

Justificación

Guerrero es uno de los estados más rezagados en muchos ámbitos. En cuanto a estudios ambientales, específicamente las investigaciones sobre cambios en la cobertura vegetal son casi nulas y por consecuencia hay pocos o casi nulos datos que puedan ayudar a dar un diagnóstico sobre el estado y el impacto que han tenido las actividades humanas sobre la cobertura vegetal.

La agricultura es una de las actividades económicas más importantes del estado y uno de los principales fenómenos en el uso de suelo del estado por ello es importante conocer los factores que influyen en el desarrollo de esta y detectar las zonas que mayormente se ven afectadas por este fenómeno.

Informes arrojan que Guerrero ha perdido casi 7,500 kilómetros cuadrados de sus bosques y selvas por deforestación, lo que equivale a unas cinco veces la extensión del Distrito Federal. Eso significa que es el cuarto estado con mayor pérdida de suelo forestal detrás de Chiapas, Yucatán y Veracruz, según cifras oficiales.

En materia de deforestación de 2002 a 2007 en Guerrero se perdieron unos 880 kilómetros cuadrados anuales en promedio, pero los esfuerzos por la reforestación por diversas instancias gubernamentales reportan la recuperación de casi 830 kilómetros cuadrados.

Objetivo General

Identificar la variabilidad de afectación a nivel municipal de los factores que producen la expansión agrícola mediante técnicas estadísticas.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis de cambio de uso de suelo y vegetación de los años 1976 al 2013 en el estado de Guerrero.
- Analizar los factores que producen la expansión de la frontera agrícola mediante una regresión geográficamente ponderada.

Capítulo 1 Marco teórico

1.1. Antecedentes

La literatura sobre cambios de uso de suelo es extensa debido a que es un fenómeno muy importante que amerita ser estudiado debido al impacto que tiene sobre el medio ambiente. Actualmente existen diferentes métodos que permiten realizar un análisis sobre los cambios de la cobertura vegetal, cabe destacar que algunos cuentan con más alcance que otros, aunado a que los últimos años la aparición de las geotecnologías ha venido a dar cierto empuje sobre la realización de estos estudios.

La aproximación a los factores que producen un fenómeno mediante técnicas estadísticas también es un tema con una larga trayectoria, una gran variedad de fenómenos físicos y sociales engrosan la literatura sobre este tema, específicamente sobre la técnica estadística empleada en este trabajo se puede considerar como una técnica relativamente joven, la regresión geográficamente ponderada (RGP) (Fotheringham, et al., 2002).

Las regresiones son un método estadístico que originalmente era usado en áreas como la economía y finanzas para predecir las tendencias financieras, con el pasar de los años su empleo se fue expandiendo a otras áreas que van desde las ciencias de la salud hasta ciertos temas de ingeniería.

Distintas investigaciones se ha realizado mediante la técnica de regresión, pero casi todos los autores coinciden en que esta tiene sus limitante al no ser una propia técnica con atributos espaciales.

Debido a que es un modelo global que se basa en el uso de una sola ecuación para explorar la relación entre las variables, la regresión asume que la relación es consistente en todo el caso de estudio.

La RGP es un modelo local que crea una ecuación para cada elemento del conjunto de datos de la variable dependiente. En este modelo se asume que la relación entre las variables varía dependiendo de su ubicación en el área de estudio. Adicionalmente, en el modelo GWR considera que los valores cercanos al punto de análisis tienen un mayor peso para la estimación de los parámetros de regresión.

Actualmente existen una gran variedad de estudios realizados con esta técnica desde estudios que tienen que ver con el transporte, riesgo de laderas, dinámica de la cobertura de vegetal, monitoreo de recursos eléctricos, etc.

Como parte de lo anterior a continuación se citan algunos estudios en los que se aplica la RGP

Gutiérrez, et al., (2012) realiza un estudio en para estimar la demanda de usuarios en las estaciones del metro de Madrid, en su estudio realiza una comparación entre los resultados que arroja un estudio realizado con una regresión tradicional y una regresión geográficamente ponderada ,concluye que los resultados de la RGP son más realistas de acuerdo al análisis local .

Rojas, et al., (2014) estudian la dinámica del crecimiento de la población urbana en la ciudad de Concepción, Chile. En esta se concluye que un 50% de las variables explicativas con estadísticamente correctas y a su vez remarcan las ventajas de la RGP frente a una retrogresión logística multivariada (RLM), la cual presenta correlación espacial inherente frente al fenómeno estudiado.

Pineda, et al, (2010) realiza un estudio sobre las causas de la deforestación en el estado de México mediante una regresión geográficamente ponderada.

Este último trabajo es el que más se semeja con el presente trabajo ya que analiza los factores que producen cambios dentro de una cobertura vegetal.

1.2. Zona de estudio

El estado de Guerrero es uno de los 31 estados que, junto con el Distrito Federal, conforman las 32 entidades federativas de México. Su capital es la ciudad de Chilpancingo de los Bravo. Colinda al norte con los estados de México (216 km) y Morelos (88 km), al noroeste con el estado de Michoacán (424 km), al noreste con el estado de Puebla (128 km), al este con el estado de Oaxaca (241 km) y al sur con el océano Pacífico (500 km).

La geomorfología del estado es una de las más accidentadas y complejas de México; su relieve es atravesado por la Sierra Madre del Sur y las Sierras del Norte. En términos cartográficos, se suele llamar Sierra al sector occidental y Montaña al oriental.⁹ Entre ambas formaciones se ubica la depresión del río Balsas. Las lagunas más importantes del estado son la laguna Negra, la laguna de Coyuca y la laguna de Tres Palos.

Tiene una superficie territorial de 64.281 km² (aprox. 38.000 mi²), en la cual viven poco más de tres millones de personas, lo que hace que se clasifique como la 12a. entidad más poblada de México; la mayoría de la población se concentra en la Zona Metropolitana de Acapulco. Las principales actividades económicas de Guerrero son la agricultura, en donde se producen importantes cantidades de maíz, ajonjolí, sorgo, soya, arroz, jitomates, limones, café, melones, toronjas, sandías, cacahuates y mangos.

En el turismo destaca el denominado Triángulo del Sol, conformado por tres ciudades: Acapulco de Juárez, Ixtapa-Zihuatanejo y Taxco de Alarcón, las cuales concentran la totalidad del turismo del estado.

1.3. División municipal

A nivel estatal los municipios del estado de Guerrero se rigen por la Ley Orgánica Municipal del Estado de Guerrero, la cual en su versión en vigor solo señala en su artículo 9, setenta y seis municipios, discrepando con los ochenta y uno que tiene registrados oficialmente el INEGI, ya que la diferencia corresponde a municipios de reciente creación que aún no integran de manera formal sus cuerpos de gobierno.

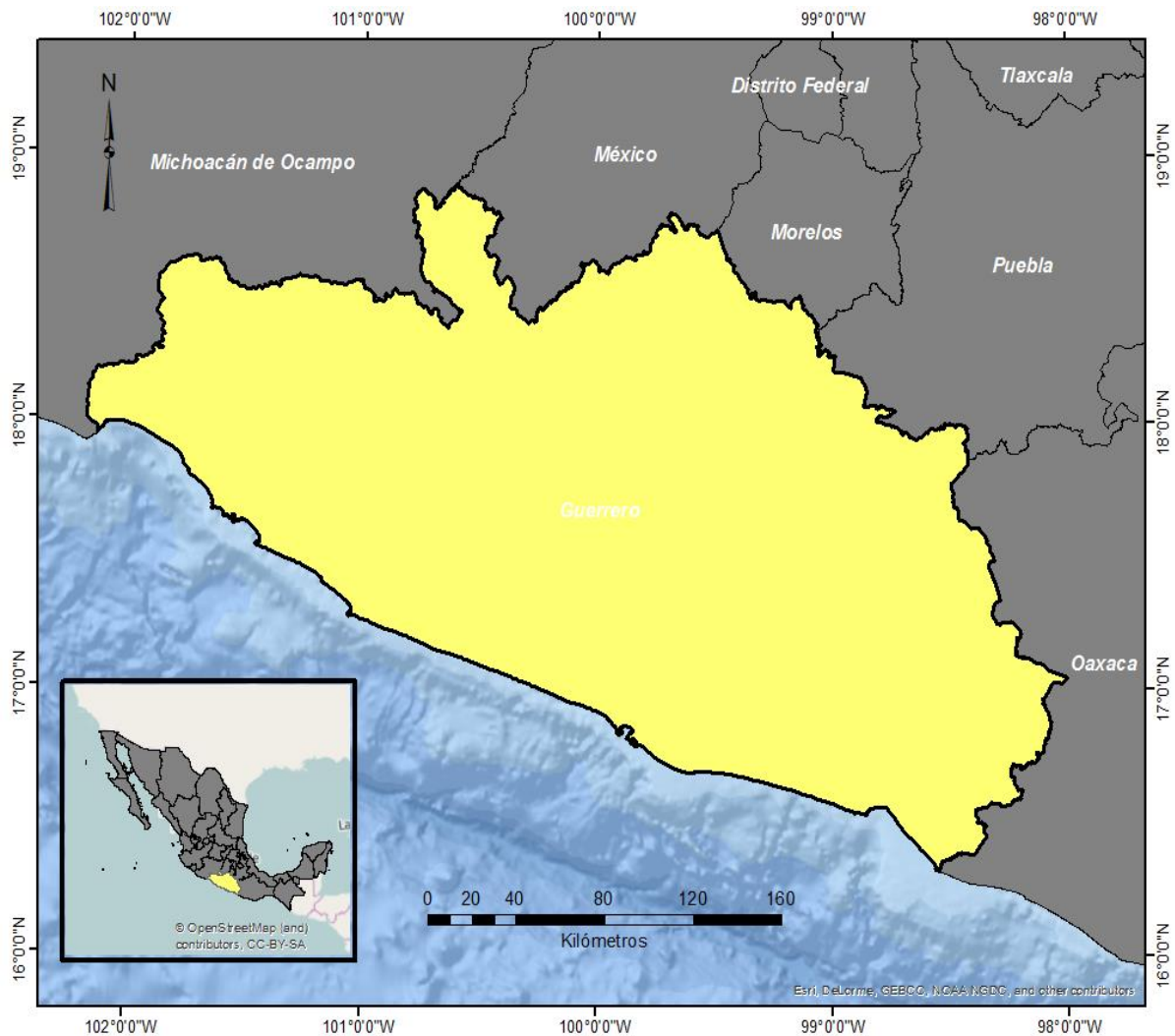


Figura 1 Ubicación del estado de Guerrero.
Fuente elaboración propia.

La actual división en 81 municipios se estableció el 25 de noviembre de 2005, con la creación de Iliatenco.

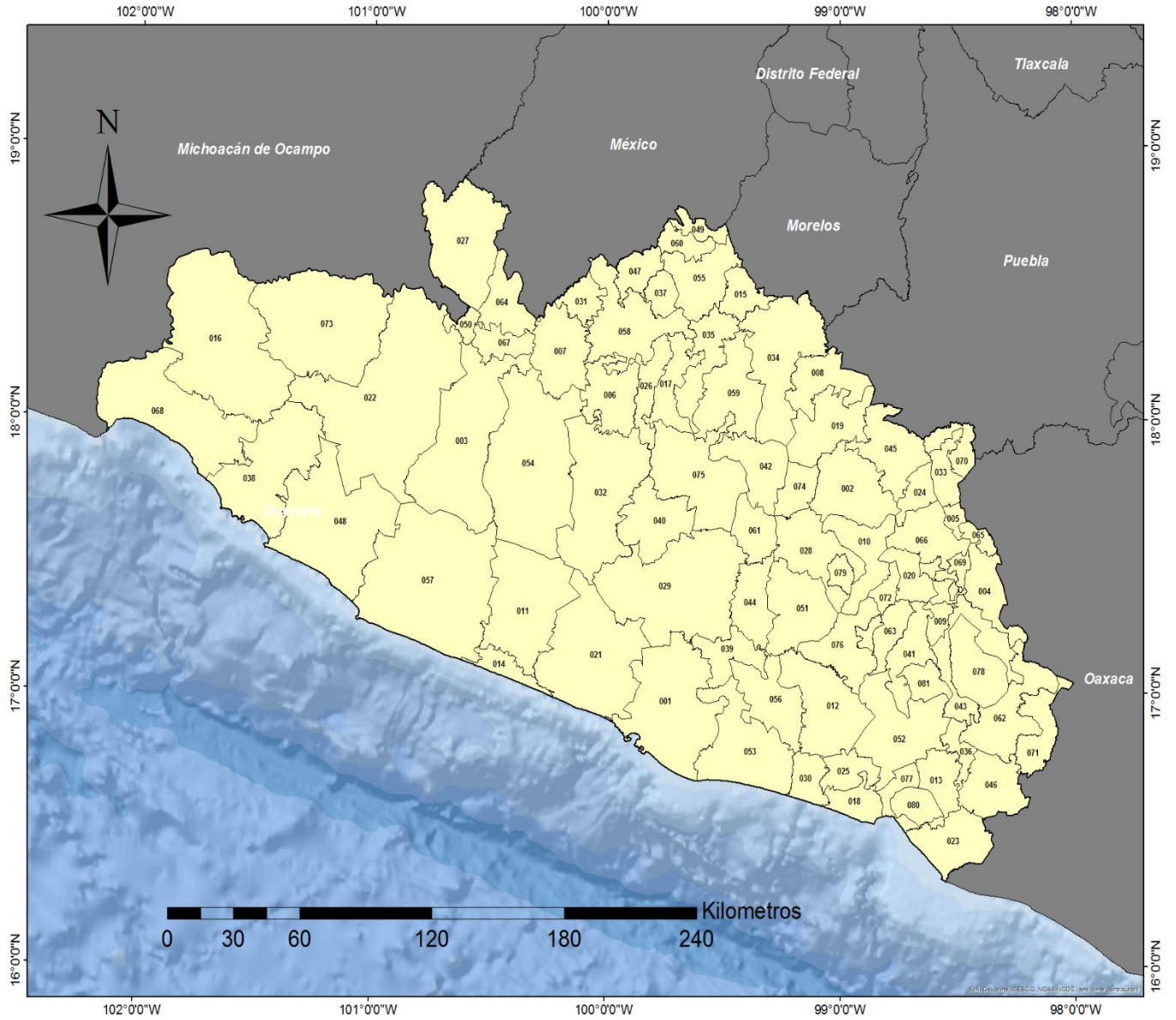


Figura 2 División Municipal del estado de Guerrero.
Fuente: Elaboración Propia

Clave	Nombre	Clave	Nombre
001	Acapulco de Juárez	042	Martir de Cuilapan
002	Ahuacuotzingo	043	Metlatlanoc
003	Ajuchitlán del Progreso	044	Mochitlan
004	Alcozauca de Guerrero	045	Olinala
005	Alpoyeca	046	Ometepec
006	Apaxtla	047	Pedro Ascencio Alquisiras
007	Arcelia	048	Petatlan
008	Atenango del Rio	049	Pilcaya
009	Atlamajalcingo del Monte	050	Pungarabato
010	Atlixac	051	Quechultenango
011	Atoyac de Alvarez	052	San Luis Acatlan
012	Ayutla de los Libres	053	San Marcos
013	Azoyu	054	San Miguel Totolapan
014	Benito Juárez	055	Taxco de Alarcon
015	Buenavista de Cuellar	056	Tecoanapa
016	Coahuayutla de José María Izazaga	057	Tecpan de Galeana
017	Cocula	058	Teloloapan
018	Copala	059	Tepecoacuilco de Trujano
019	Copalillo	060	Tetipac
020	Copanatoyac	061	Tixtla de Guerrero
021	Coyuca de Benitez	062	Tlacoachistlahuaca
022	Coyuca de Catalan	063	Tlacoapa
023	Cuajinicuilapa	064	Tlalchapa
024	Cualac	065	Tlaxiataquilla de Maldonado
025	Cuautepec	066	Tlapa de Comonfort
026	Cuetzala del Progreso	067	Tlapehuala
027	Cutzamala de Pinzón	068	La Unión de Isidoro Montes de Oca
028	Chilapa de Álvarez	069	Xalpatlahuac
029	Chilpancingo de los Bravo	070	Xochihuehuetlan
030	Florencio Villarreal	071	Xochistlahuaca
031	General Canuto A. Neri	072	Zapotitlan Tablas
032	General Heliodoro Castillo	073	Ziríndaro
033	Huamuxtitlan	074	Zitlala
034	Huitzucu de los Figueroa	075	Eduardo Neri
035	Iguala de la Independencia	076	Acatepec
036	Igualapa	077	Marquelia
037	Ixcateopan de Cuauhtémoc	078	Cochoapa el Grande
038	JoséAzueta	079	José Joaquín de Herrera
039	Juan R. Escudero	080	Juchitan
040	Leonardo Bravo	081	Iliatenco
041	Malinaltepec		

Tabla 1 División Municipal del estado de Guerrero.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

1.4. Regiones

El estado de Guerrero se encuentra territorialmente dividido en ocho regiones, que distinguen rasgos económicos, sociales, culturales y geográficos.

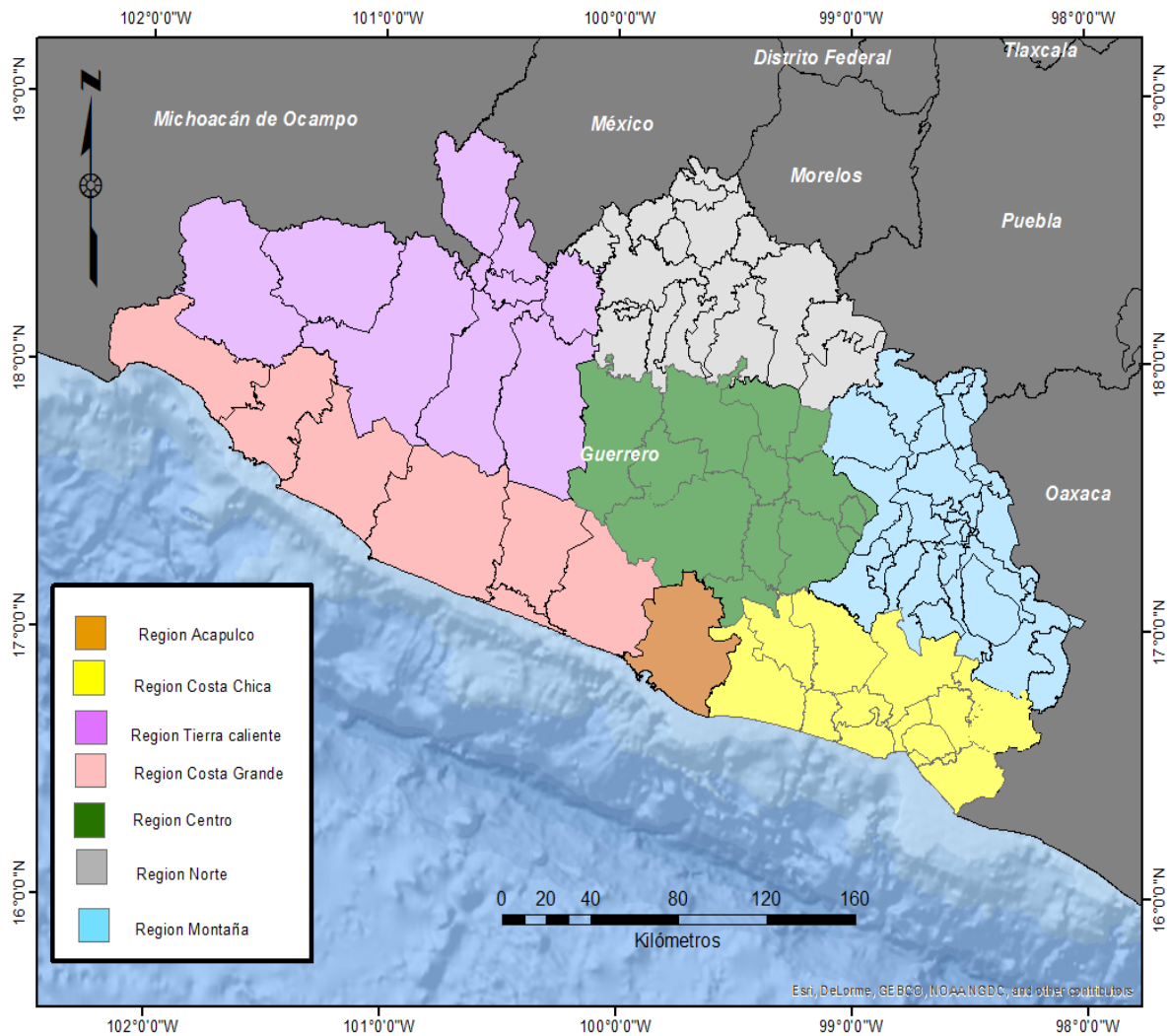


Figura 3 Regiones del estado de Guerrero.

Fuente: Elaboración propia.

1.5. Clima

El 82% de del estado, presenta clima cálido subhúmedo, el 9% es seco y semiseco, el 5% templado subhúmedo, el 3% cálido húmedo y el 1% es templado húmedo. La temperatura media anual es de 25°C. La temperatura mínima promedio es de 18°C y la máxima de 32°C. Las lluvias se presentan en verano, en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 1 200 mm anuales. El clima cálido favorece el cultivo de frutas como mamey, mango, zapote, cítricos.

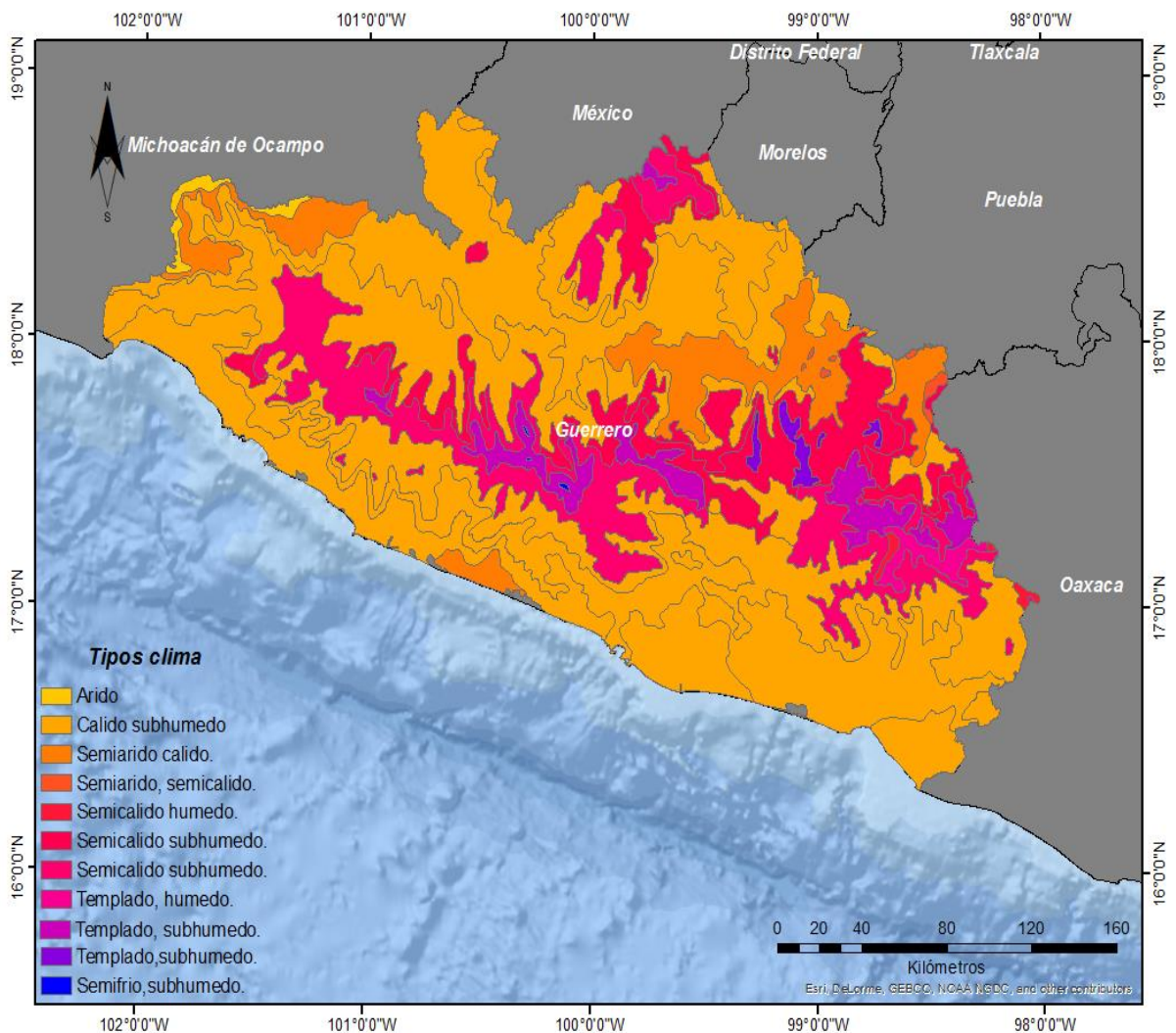


Figura 4 Climas del estado de Guerrero

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONABIO.

1.6. Edafología

La abrupta orografía guerrerense, con elevaciones que varían de cero a más de 3000 msnm, aunada a una considerable diversidad de rocas, genera, además de climas diversos, una amplia gama de tipos de suelo y de vegetación. La carta edafológica escala 1:1 000 000 de la extinta Secretaría de Programación y Presupuesto identificó la presencia en Guerrero de 11 unidades de suelos, de los cuales solamente tres: litosoles, regosoles y cambisoles, tienen presencia en las siete regiones y cubren aproximadamente el 80% del área estatal.

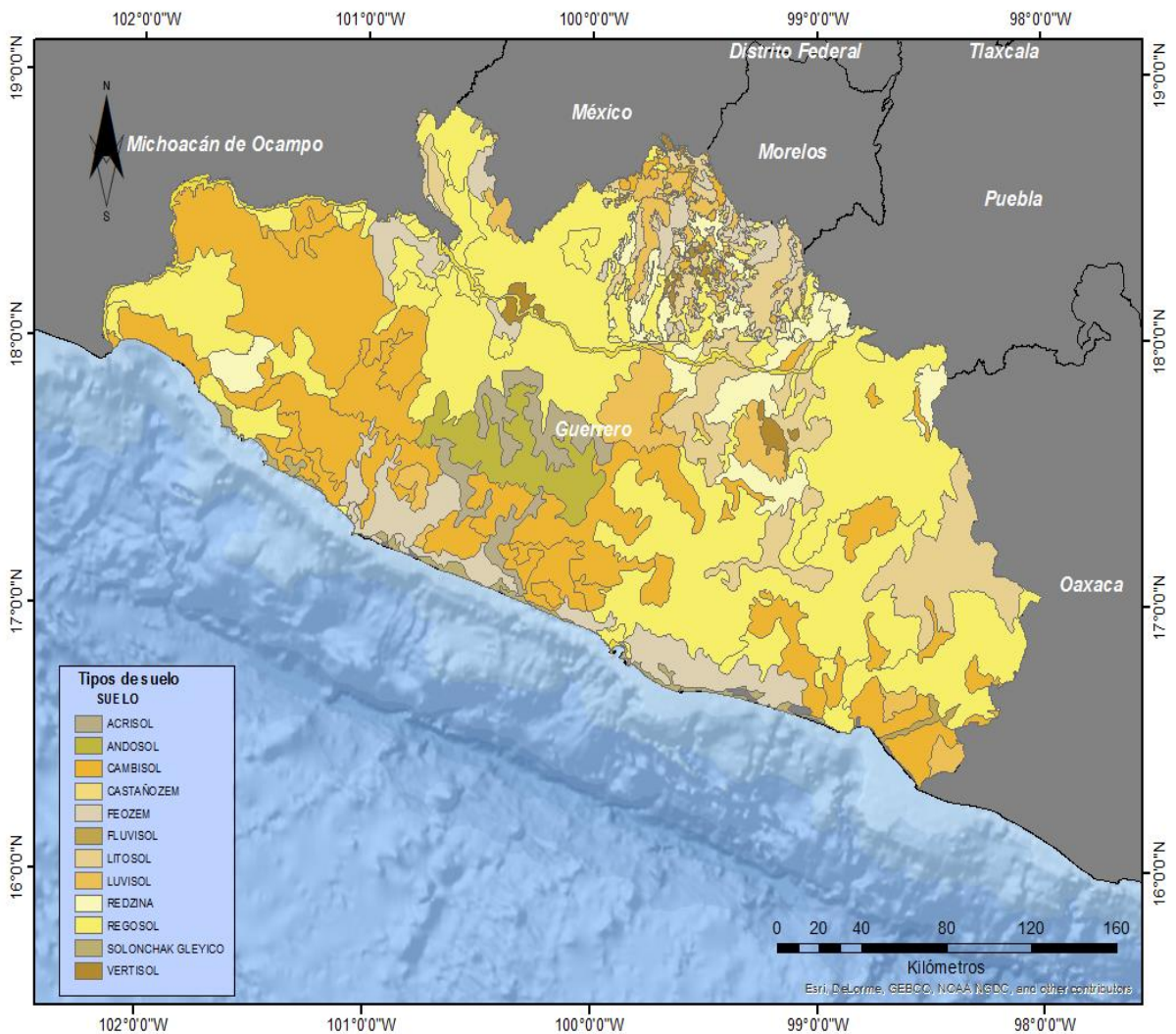


Figura 5 Tipos de suelo del estado de Guerrero
Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO.

1.7. Flora y Fauna

En Guerrero se presentan todos los tipos de vegetación de las zonas templadas, tropicales secas y costeras. Se estima la existencia de más de 6000 especies de plantas superiores, que constituyen una quinta parte de la biodiversidad de éstas en México.

El Inventario Nacional Forestal, periódico publicado por la SARH en 1994, determinó la existencia en Guerrero de diferentes asociaciones vegetales pertenecientes a los ecosistemas de bosques y selvas, además de pequeñas superficies de vegetación hidrófila y otras que se indican a continuación: bosques de pino, de oyamel, de pino–encino, de encino, mesófilo de montaña; selvas mediana y baja; manglar, palmar y vegetación hidrófila.

Esta notable riqueza es el resultado de la acción conjunta de diferentes factores asociados con la variación existente en el territorio estatal de topografía, geología, clima, suelo y otras variables que, combinadas, producen gran diversidad de condiciones ambientales y, por tanto, de asociaciones vegetales.

Guerrero alberga una de las mayores diversidades biológicas del país, al grado de colocarse en el cuarto lugar en importancia nacional, solamente detrás de Oaxaca, Chiapas y Veracruz. La diversidad biológica, en cuanto a fauna se refiere, queda manifestada con la presencia de 774 especies animales registradas en la entidad, que la ubican en importantes lugares en el contexto nacional: 14, de peces (19° lugar); 46, de anfibios (4° lugar); 114, de reptiles (5° lugar); 476, de aves (5° lugar); 63, de mamíferos terrestres (15° lugar); 52, de mamíferos voladores (7° lugar), y nueve de mamíferos marinos (8° lugar).

1.8. Agricultura

Guerrero se destaca en el ámbito nacional por su atraso económico. Desde el punto de vista del área utilizada la principal actividad económica del estado es la agricultura (ocupación que se sostiene básicamente sobre cuatro productos: el maíz, el ajonjolí, el café y la copra), la cual se practica en todos los municipios; se trata de una actividad de temporal desarrollada en condiciones tecnológicas limitadas o muy limitadas. Únicamente algunos municipios de las Costas y Tierra Caliente comercializan excedentes.

Según estimaciones de Sagarpa, el 15.4% (982,427.6 ha) de 6,379.400 hectáreas de que se compone el territorio estatal se destinan a la agricultura

El maíz se cultiva en menor o mayor grado en los 81 municipios del territorio, donde los mayores volúmenes de producción se ubican en aquellos asentados en las regiones de Costa Chica y Tierra Caliente (Figura 6).

En 2010, la producción estatal total fue de 1,413,973.17 toneladas destacando por sus mayores volúmenes de producción los distritos de Las Vigas (24%), Altamirano (24%) y Atoyac (20%), en las denominadas regiones Costa Chica, Tierra Caliente y Costa Grande, respectivamente; además, es de apreciarse también la baja aportación de los distritos de Iguala (13%) en la región Norte y Tlapa (5%) en la región de la Montaña (SIAP, 2010).

Las superficies sembrada y cosechada de maíz en Guerrero durante el 2010, se concentró en mayor proporción en el período de temporal (92.52 y 92.64%, respectivamente), generando en éste el más alto volumen de producción (1,283,482.79 ton); pero el rendimiento promedio obtenido fue inferior en 0.4 ton/ha respecto al registrado durante el ciclo de riego.



Figura 6 Agricultor del estado de Guerrero
Fuente: Tomado de www.Guerrero.Gob.mx

En la época de temporal la cotización del precio promedio por tonelada de maíz fue 249.39 pesos mayor que en riego, e influyó para lograr en el más alto valor de la producción (3,553,227.70 miles de pesos), equivalente al 90.30% del total. (SAGARPA, 2011)

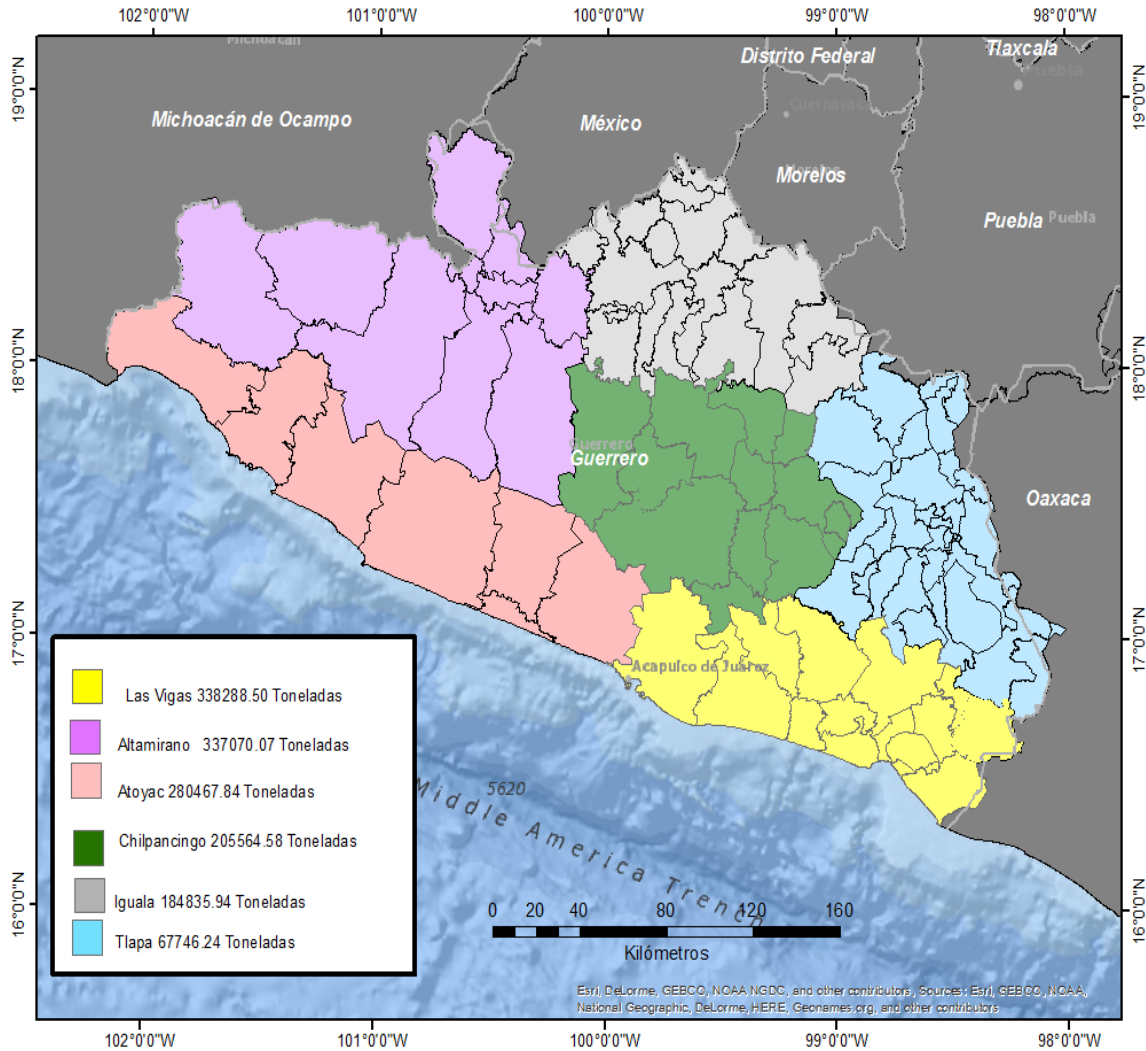


Figura 7 Ubicación geográfica de la producción de maíz, por Distrito, dentro del Estado de Guerrero.

1.9. Cambio de uso de suelo

Se realizó un análisis de cambio de uso de suelo , de este ejercicio se desprendió la variable dependiente para realizar la regresión que serán las ganancias de áreas agrícolas.

Se utilizaron datos espaciales en formato vectorial a escala 1:250000 obtenidos del INEGI (Serie 1 y serie 5), se aplicó la metodología de Matriz de transición Pontius, et al (2004), la cual permite obtener de manera cuantitativa las pérdidas, ganancias, persistencia, cambios totales, cambios netos, intercambios y transiciones sistemáticas. Este método fue aplicado mediante el módulo Land Change Modeler el cual está integrado al software Idrisi Selva.

La metodología de Pontius et. al. (2004), se basa en la tradicional aplicación de una matriz de tabulación cruzada la cual es resultado del cruce de dos mapas de años distintos (Tiempo 1 y tiempo 2).

Comúnmente las matrices de tabulación cruzada ofrecen información sobre las transiciones ocurridas entre categorías en el tiempo 1 (T1) y en el tiempo 2 (T2) y la superficie total en ambos tiempos, no obstante, los análisis llevados a cabo con estos datos podrían llevar a interpretaciones equivocadas acerca de la dinámica de los cambios de uso del suelo espacialmente. Por este motivo, se agrega información adicional ganancia bruta (G_{ij}) y la pérdida bruta (L_{ij}) para obtener conocimiento más profundo concerniente a los procesos potenciales que determinan un patrón de cambio de cobertura del suelo.

Tabulación Cruzada						
Tiempo 2						
	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Total tiempo 1	Pérdidas
Tiempo 1						
Categoría 1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{1+}	$P_{1+}-P_{11}$
Categoría 2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{2+}	$P_{2+}-P_{22}$
Categoría 3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{3+}	$P_{3+}-P_{33}$
Categoría 4	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{4+}	$P_{4+}-P_{44}$
Total tiempo 2	P_{1+}	P_{2+}	P_{3+}	P_{4+}	1	
Ganancias	$P_{1+}-P_{11}$	$P_{2+}-P_{22}$	$P_{3+}-P_{33}$	$P_{4+}-P_{44}$		

Tabla 2 Tabulación cruzada por el método de Pontiuous et al (2004).

A continuación se muestran los cálculos por lo cual se resuelve la tabulación cruzada

Cálculos

<i>Pérdidas</i>	$L = P_{j+} - P_{jj}$
<i>Ganancias</i>	$G = P_{+j} - P_{jj}$
<i>Cambio Neto</i>	$D = L_y - G_y$
<i>Cambio Total</i>	$DT = D_J + S_J$
<i>Intercambio</i>	$S = 2Xmin(P_j - P_{jj})$

1.10. Regresión geográficamente ponderada (RGP)

La RGP, es una técnica estadística que ha sido desarrollada para la exploración y análisis de datos geoespaciales, específicamente cuando existen relaciones no estacionarias en el espacio, a diferencia de una regresión lineal simple, esta regresión se realiza a través de puntos localizados en el espacio geográfico, de esta forma se asume que, dependiendo de su ubicación, la cual se define por un par de coordenadas tipo (u,v) , la relación puede experimentar variaciones.

Ecuación de regresión lineal simple.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

Ecuación de regresión geográficamente ponderada.

$$Y(u,v) = \beta_0(u,v) + \beta_1(u,v) X_1 + \beta_2(u,v) X_2 + \dots + \beta_n(u,v) X_n + e(u,v)$$

Dentro de la RGP el componente (u,v) , indica que los parámetros de la regresión tendrán influencias diferentes en cada localización específica, gracias a la implementación de un esquema de estimación basado en una ponderación geográfica.

El funcionamiento de la RGP se basa en la información proveniente de todos los puntos que están alrededor de un punto de análisis, atribuyendo más peso a los datos próximos al punto de análisis y menos a los alejados; en función de una curva de peso de tipo gaussiano llamada kernel. Esta estimación se hace en todos los puntos para los cuales hay observaciones en la muestra. En la regresión geográficamente ponderada, el Kernel adaptativo espacial, se usa para estimar un ancho de banda, en la medida de las variaciones de densidad de los datos, asignándoles medidas más grandes, donde los datos están esparcidos, y medidas menores donde los datos están más juntos o son abundantes.

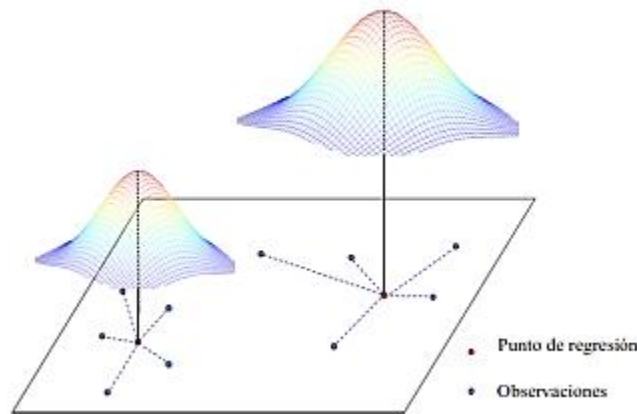


Figura 8 Curvas de tipo Gaussiano
Fuente: Tomado de Farfan, 2013.

La fórmula del kernel adaptativo espacial está dado por la siguiente expresión:

$$W_{L_i L_j} = \left[1 - \frac{d_{L_i L_j}}{b} \right]^2 \quad \text{si} \quad d_{L_i L_j} \leq b$$

$$W_{L_i L_j} = 0 \quad \text{si} \quad d_{L_i L_j} > b$$

Donde $d_{L_i L_j}$ es la distancia euclidiana entre el punto L_i de la regresión y el punto observado L_j , y b es el ancho de banda. La ponderación de datos en ese punto será unitaria y la ponderación de otros datos va a decrecer de acuerdo a la curva gaussiana en tanto la distancia entre L_i y L_j se incremente.

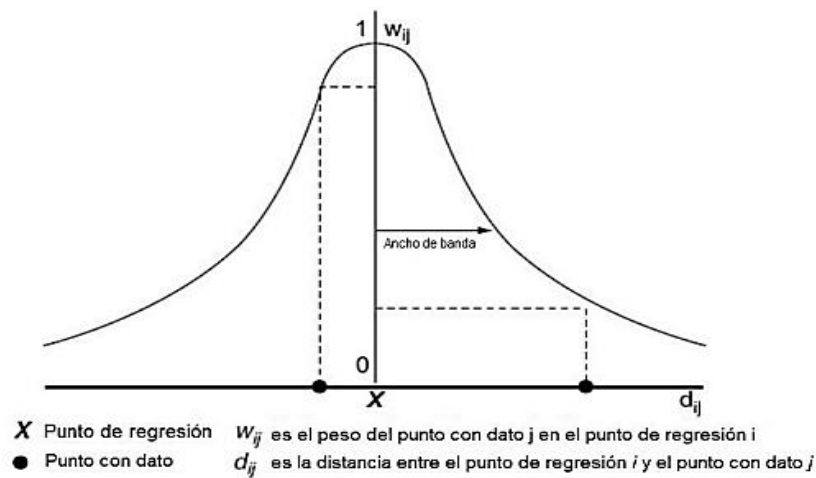


Figura 9 Esquema de la función kernel y ancho de banda en la regresión geográficamente
Fuente: Tomada Gutiérrez, 2013.

Capítulo 2

Metodología

2.1. Cambio de uso de suelo (Tabulación cruzada)

Con lo dicho anteriormente se homogenizo la leyenda de la serie 1 con la serie 5 y se crearon 8 categorías, esto para establecer una relación reciproca de las variables y poder realizar los cálculos correspondientes.

Posteriormente se realizó una tabulación cruzada con el comando CROSSTAB de Idrisi, para el periodo 1976-2015, generando una matriz que se importa a una hoja de cálculo para poder realizar los cálculos correspondientes.

Cross-tabulation of 2014 (columns) against 1976 (rows)

	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	1247637	75038	40192	128853	726	46	4991	0	1497483
2	116625	5079503	169348	267618	9320	6883	8705	2	5658004
3	29822	64674	345482	37827	14190	5534	6285	1	503815
4	48341	64076	48161	172814	2871	534	859	0	337656
5	0	8	0	0	1409	6	0	0	1423
6	0	2605	1214	531	173	18278	1544	29	24874
7	8879	7941	7266	12232	1087	1986	21424	0	60815
8	0	171	1106	12	99	168	0	0	1586
Total	1451304	5294016	612769	619887	29875	33435	43808	32	8085126

Chi Square =14926421.00000
df = 49
P-Level = 0.0000
Cramer's V = 0.5136

Proportional Crosstabulation

	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	0.1543	0.0093	0.0050	0.0159	0.0001	0.0000	0.0006	0.0000	0.1852
2	0.0144	0.6293	0.0209	0.0331	0.0012	0.0009	0.0011	0.0000	0.6998
3	0.0037	0.0080	0.0427	0.0047	0.0018	0.0007	0.0008	0.0000	0.0623
4	0.0060	0.0079	0.0060	0.0214	0.0004	0.0001	0.0001	0.0000	0.0418
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
6	0.0000	0.0003	0.0002	0.0001	0.0000	0.0023	0.0002	0.0000	0.0030
7	0.0011	0.0010	0.0009	0.0015	0.0001	0.0002	0.0026	0.0000	0.0075
8	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
Total	0.1795	0.6548	0.0758	0.0767	0.0037	0.0041	0.0054	0.0000	1.0000

Overall Kappa 0.7038

Print Contents Save to File Copy to Clipboard Close Help

Figura 10 Resultados del comando Crosstab.

Con los datos obtenidos de la tabulación cruzada se calculó el valor de las hectáreas, ya que los datos obtenidos son a nivel pixel.

$$\text{Hectárea} = 10000$$

$$\text{Raster en X, Y (125*125 = 15625)}$$

$$\text{Por lo que un pixel es igual a: } 15625 * 10000 = 1.5625 \text{ Hectáreas}$$

TIPO DE LA SERIE 1	SUBFORMACIÓN	TIPO DE LA SERIE 5
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bosque de táscate 2. Bosque de encino 3. Bosque de encino-pino 4. Bosque de pino 5. Bosque de pino-encino 6. Bosque mesófilo de montaña 	1. BOSQUE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bosque cultivado 2. Bosque de encino 3. Bosque de encino-pino 4. Bosque de galería 5. Bosque de pino 6. Bosque de pino-encino 7. Bosque de táscate 8. Bosque mesófilo de montaña 9. Vegetación secundaria arbórea de todo tipo de bosque 10. Vegetación secundaria herbácea de todo tipo de bosque
<ol style="list-style-type: none"> 1. Selva baja caducifolia 2. Selva mediana subcaducifolia 	2. SELVA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selva baja caducifolia 2. Selva mediana caducifolia, subcaducifolia y subperennifolia' 3. Vegetación secundaria arbórea de todo tipo de selva 4. Vegetación secundaria arbustiva de todo tipo de selva 5. Vegetación secundaria herbácea de todo tipo de selva
<ol style="list-style-type: none"> 1. Riego 2. Temporal 	3. ÁREA AGRÍCOLA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agricultura de humedad 2. Agricultura de riego 3. Agricultura de temporal
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pastizal inducido 2. Pastizal cultivado 	4. PASTIZAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pastizal cultivado 2. Pastizal halófilo 3. Pastizal inducido
<ol style="list-style-type: none"> 1. Zona urbana 	5. ASENTAMIENTOS HUMANOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asentamientos humanos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuerpos de agua 	6. CUERPOS DE AGUA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuerpos de agua
<ol style="list-style-type: none"> 1. Manglar 2. Palmar 3. Popal 4. Sabana 5. Tular 6. Vegetación de dunas costeras 7. Vegetación de galería 	7. OTRO TIPO DE VEGETACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manglar 2. Palmar inducido 3. Popal' 4. Sabanoide 5. Tular 6. Vegetación de dunas costeras 7. Vegetación de galería 8. 'vegetación halófila hidrófila
<ol style="list-style-type: none"> 1. No aplicable 	8. ÁREA SIN VEGETACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desprovisto de vegetación

Tabla 3 Homogenización de leyenda.

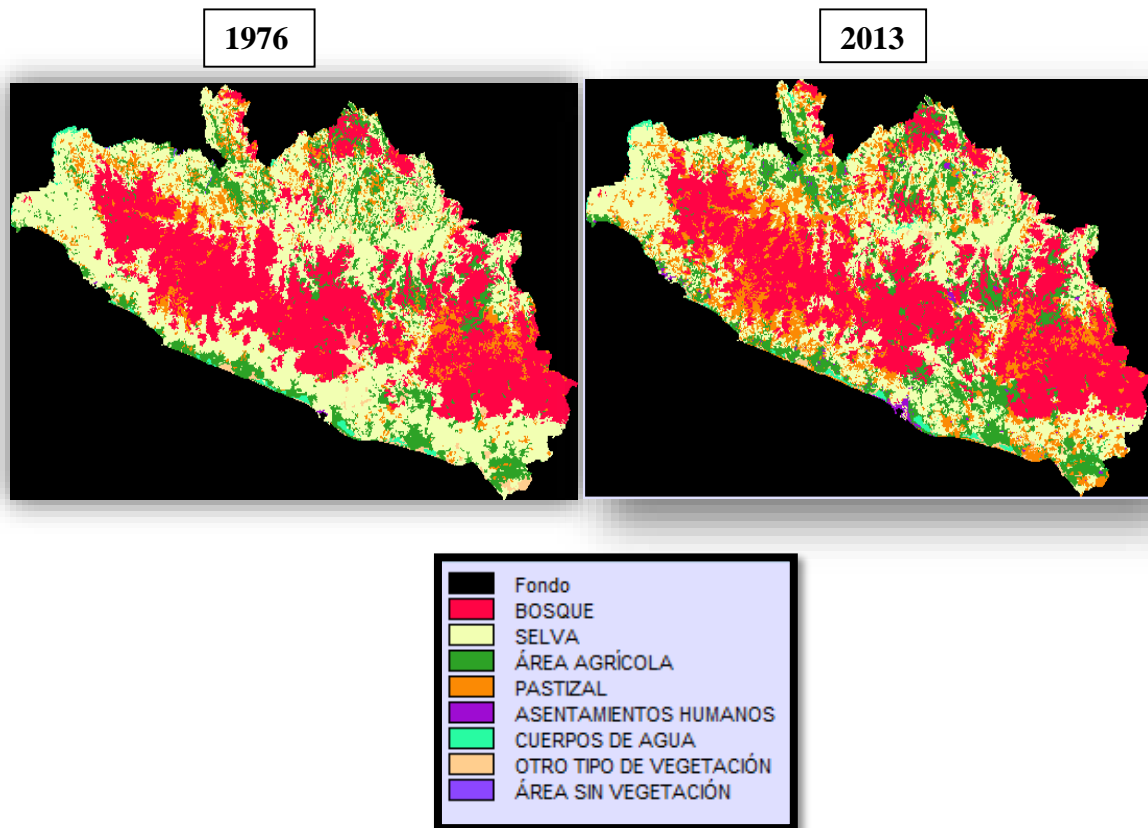


Figura 11 Comparación de las coberturas de uso de suelo en formato raster.

Como información adicional, previamente a la homogenización de la leyenda los datos vectoriales obtenidos del INEGI requirieron ser procesados mediante herramientas de Aargis y transformados a un formato raster adecuado para IDRISI.

2.2 Aplicación de regresión

La explicación de un fenómeno mediante una regresión se basa en la explicación de una variable dependiente y una o varias variables independientes, estas últimas son los factores que explican el fenómeno representado por la variable dependiente.

Las causas principales del crecimiento de la frontera agrícola son variadas, no existe algún modelo específico para explicar las causas exactas del fenómeno, Oyekale 2007 crea un modelo para explicar las causas del crecimiento agrícola aplicando factores tales como la densidad de población, precio del producto, fertilizantes y personas económicamente activas para tratar encontrar las causas de expansión agrícola en una determinada área en Nigeria.

Por otro lado Choudhury 2013 emplea variables sociales, de proximidad y de políticas económicas como grado de escolaridad, distancia de áreas agrícolas a centros comerciales, grado de escolaridad del personal y créditos otorgados por el gobierno a productores.

En Latinoamérica Paruelo et al 2005 menciona además de los factores sociales, económicos y ambientales menciona a factores tales como la producción agropecuaria y sus sectores industriales y comerciales asociados celebran la incorporación de nuevas áreas productivas al mapa agrícola del país y los ingresos que generan. Por otra parte, las entidades conservacionistas alertan sobre riesgos para la continuidad de los ecosistemas, mientras grupos políticos pronostican efectos sociales negativos

En nuestro país Barbier 1996 señala que las principales causas de deforestación siendo esta una causa indirecta, la demanda de leña y alimentos de las poblaciones cercanas a áreas agrícolas.

2.3. Descripción de variables

Originalmente se seleccionaron once variables de acuerdo a los criterios de distintos autores posteriormente se les sometió a un tratamiento estadístico con el fin de estandarizar los valores cuantitativos de las variables y por último se le sometió al proceso de RGP mediante el software Arcgis 10.3.

Variable dependiente	Descripción
Ganancia de cobertura agrícola de 1976 a 2013 Código: Ganancias	La variable dependiente es el resultado del proceso previo de análisis cambio de uso de suelo.
Socioeconómicas	
Densidad de población Código: Den_p	La variable de densidad de población se obtuvo a partir de datos obtenidos del censo nacional de población y vivienda elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2010. Dicho dato corresponde al cociente de la división de la población total entre el área total por municipio en hectáreas.
Población económicamente activa Código: PEA	Los datos de la variable se obtuvieron a partir de datos obtenidos del censo nacional de población y vivienda elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2010. De acuerdo al INEGI la variable se define como “Personas de 12 años y más que trabajaron; tenían trabajo pero no trabajaron o; buscaron trabajo en la semana de referencia.”
Población mayor de 15 años analfabeta Código : P15YM_AN	Este dato al igual que las anteriores variables fue obtenido del INEGI el cual define a la variable como “Personas de 15 a 130 años de edad que no saben leer ni escribir.”
Población total Código: POBTOT	Total de personas que residen habitualmente en el país, entidad federativa, municipio y localidad. Incluye la estimación del número de personas en viviendas particulares sin información de sus ocupantes. Incluye a la población que no especificó su edad.

Proximidad	
Distancia media de carreteras federales y autopistas a áreas con ganancia. Código: Dist_M_Car	Esta variable se obtuvo mediante el procesamiento de una capa vectorial obtenida del geo portal de la CONABIO y la capa de ganancias derivada del análisis de transiciones sistemáticas, la capa vectorial corresponde a las carreteras federales y autopistas del estado de Guerrero. Para el cálculo de la distancia se utilizó la herramienta “NEAR” ,de los resultados arrojados posteriormente se calculó la media por municipio ,en metros.
Distancia media de áreas con ganancia agrícola a localidades urbanas y rurales Código: Dis_M_Loc	Esta variable se obtuvo con el mismo procedimiento para obtener la variable anterior, a diferencia que se sustituyó la capa vectorial de carreteras por una de poblaciones y ciudades, dicha capa se obtuvo del geo portal de la CONABIO.
Biofísicas	
Pendiente media del terreno Código: Pend_m	Variable obtenida mediante el procesamiento de un modelo digital de elevación con resolución de 15 metros obtenido del INEGI.
Altitud media Código: Alt	Altitud media en metros sobre el nivel de e mar. Variable obtenida de un modelo digital de elevación con resolución de 15 metros obtenido del INEGI.
Precipitación media Código: Prec	Variable elaborada con datos obtenidos de la CONABIO se promedió la precipitación anual por municipio.
Temperatura media Código: Temp	Temperatura promedio por municipio en grados centígrados. Variable elaborada con datos obtenidos de la CONABIO.
Infraestructura	
Viviendas totales Código: VIVTOT	Este dato se obtuvo a partir del censo nacional de población y vivienda elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2010. En el cual se consideran las viviendas totales como “Viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivas.”

Tabla 4 Descripción de variables.

Los valores cuantitativos de las variables fueron procesados mediante el método de estandarización de puntaje estándar el cual se representa mediante la siguiente formula.

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

En donde:

Z = dato estandarizado o normalizado

x = valor nominal del dato a estandarizar

\bar{x} = media aritmética del conjunto de datos

s = desviación estándar.

Posteriormente con todos los datos de las variables listos y agrupados en un shape de los municipios se procedió a realizar la regresión geográficamente ponderada con el software Arcgis.

Los parámetros utilizados para la regresión fueron los siguientes:

Kernel: **Adaptativo**

Métodos ancho de banda: **AICc**

Capítulo 3

Resultados

3.1. Descripción del cambio de uso del suelo

La figura 12 las ganancias y pérdidas por cada categoría establecida.

Las mayores ganancias se generaron en el pastizal y la pérdida mayor en la obtuvo la categoría de selva, seguida por los bosques, de forma general todas las coberturas perdieron y ganaron superficie.

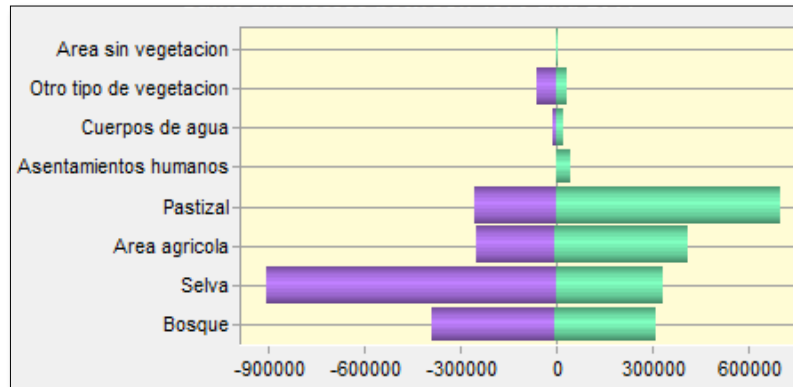


Figura 12 Pérdidas y ganancias de coberturas.

En la siguiente figura se representan los cambios en el suelo neto por todas las ganancias y pérdidas, De tal manera que la cobertura que tuvo más perdidas fue la selva, seguido por el bosque, otro tipo de vegetación y área sin vegetación y las coberturas que ganaron superficie fueron pastizal, área agrícola, asentamientos humanos y cuerpos de agua.

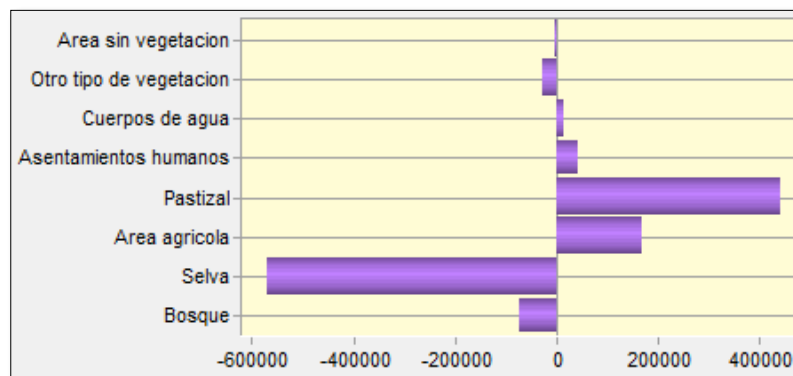
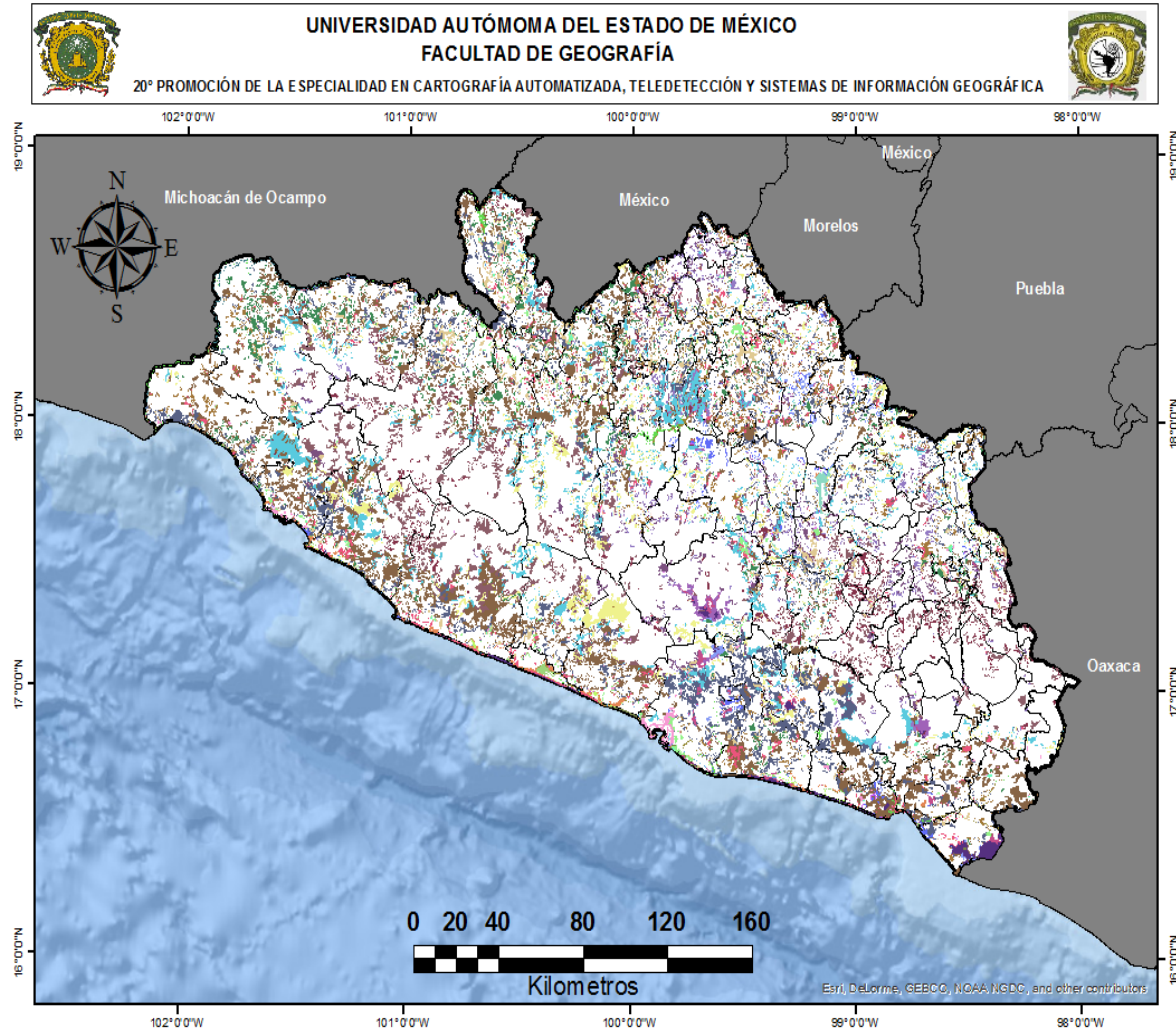


Figura 13 Cambio neto de coberturas

Los resultados obtenidos como resultado de realizar el análisis dieron como resultado que los cambios ocurridos entre intercambios de todas las coberturas tuvieron un total de 1872779.69 hectáreas lo que representa el 29.46 % del total de la superficie del estado (Figura 14)



Legend		
cambios_general.rst		
Class_Name		
Selva to Pastizal	Otro tipo de vegetacion to Pastizal	Bosque to Area agricola
Selva to Otro tipo de vegetacion	Otro tipo de vegetacion to Cuerpos de agua	Asentamientos humanos to Selva
Selva to Cuerpos de agua	Otro tipo de vegetacion to Bosque	Asentamientos humanos to Cuerpos de agua
Selva to Bosque	Otro tipo de vegetacion to Asentamientos humanos	Area sin vegetacion to Selva
Selva to Asentamientos humanos	Otro tipo de vegetacion to Area agricola	Area sin vegetacion to Pastizal
Selva to Area sin vegetacion	Cuerpos de agua to Selva	Area sin vegetacion to Cuerpos de agua
Selva to Area agricola	Cuerpos de agua to Pastizal	Area sin vegetacion to Asentamientos humanos
Pastizal to Selva	Cuerpos de agua to Otro tipo de vegetacion	Area sin vegetacion to Area agricola
Pastizal to Otro tipo de vegetacion	Cuerpos de agua to Asentamientos humanos	Area agricola to Selva
Pastizal to Cuerpos de agua	Cuerpos de agua to Area sin vegetacion	Area agricola to Pastizal
Pastizal to Bosque	Cuerpos de agua to Area agricola	Area agricola to Otro tipo de vegetacion
Pastizal to Asentamientos humanos	Bosque to Selva	Area agricola to Cuerpos de agua
Pastizal to Area agricola	Bosque to Pastizal	Area agricola to Bosque
Otro tipo de vegetacion to Selva	Bosque to Otro tipo de vegetacion	Area agricola to Asentamientos humanos
	Bosque to Cuerpos de agua	Area agricola to Area sin vegetacion
	Bosque to Asentamientos humanos	

Figura 14 Mapa de cambios en todas las coberturas.

En contraste la superficie que se mantuvo estable fue de 4485034.37 hectáreas lo que representa el 70.54% de la superficie total del estado de Guerrero.

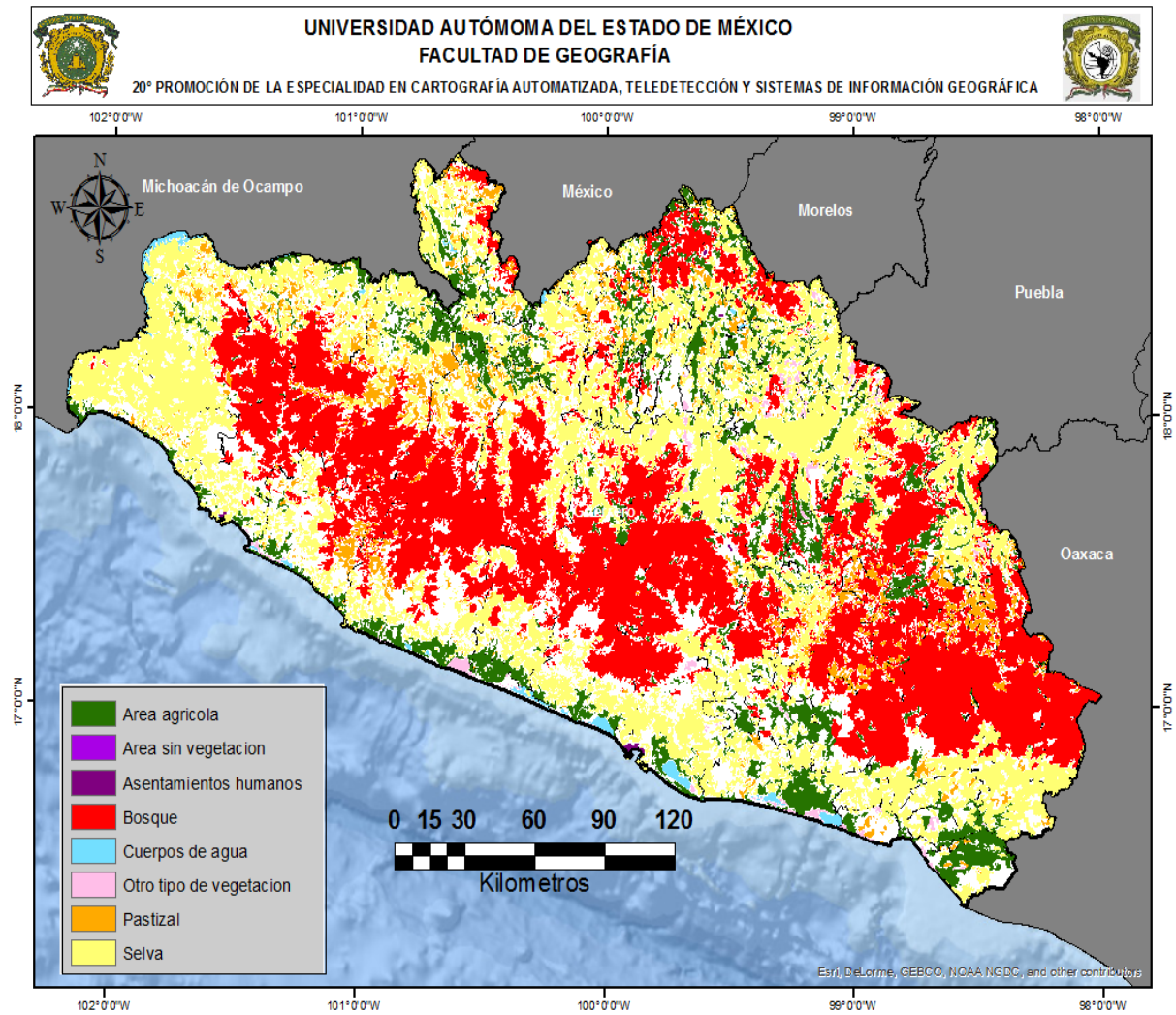


Figura 15 Mapa de cobertura persistente.

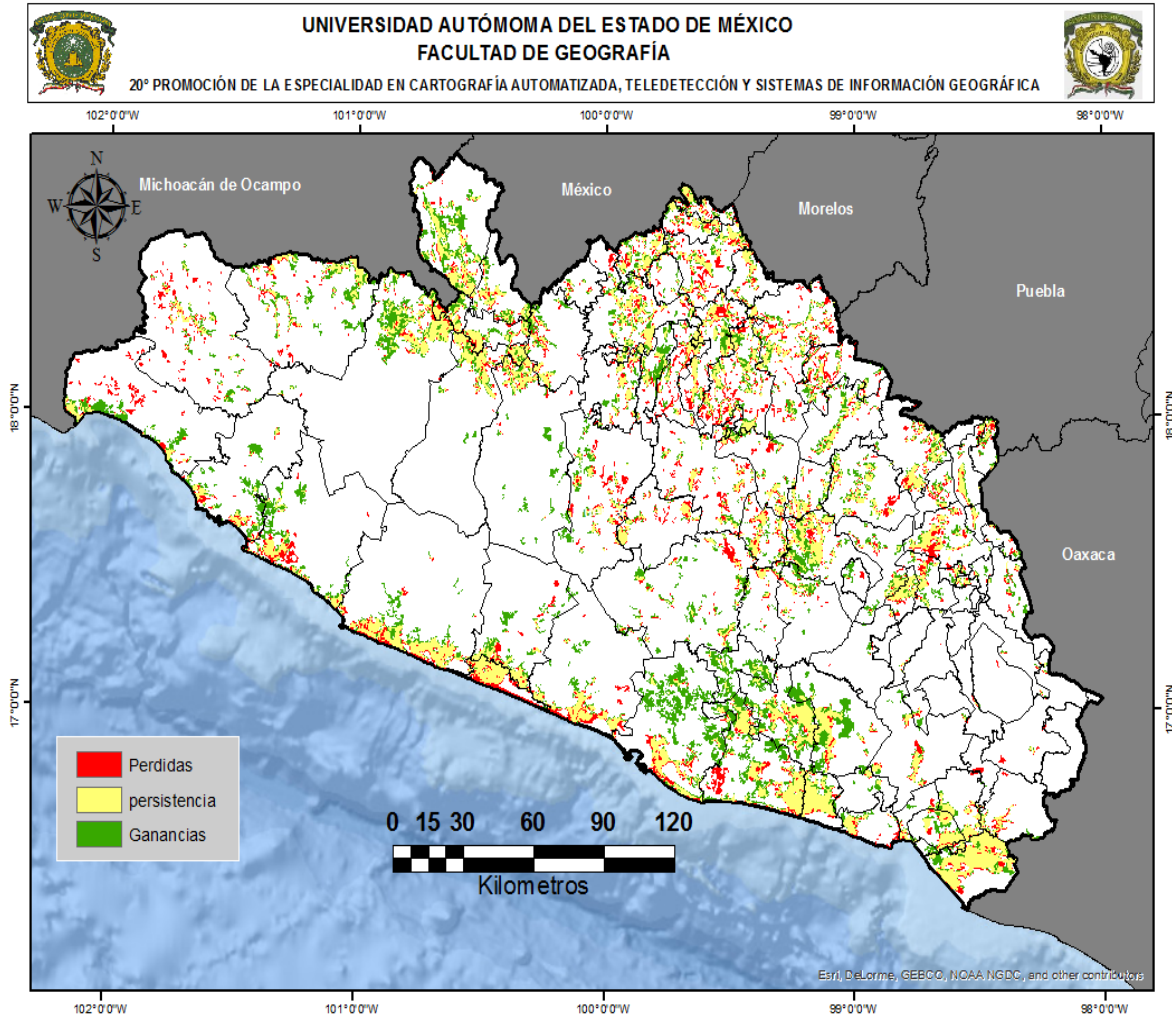


Figura 16 Mapa de Perdidas, Ganancias y persistencia en cobertura Agrícola.

En cuanto a la cobertura de área agrícola para el año de 1976 se tenía una superficie de 787210.94 hectáreas lo cual representaba el 12.38% de la superficie del estado de Guerrero y para el año 2013 se obtuvo una superficie de 957451.56 hectáreas lo que representa un 15.06 % de la superficie del estado, esto representa un aumento de 2.68% de la superficie de la cobertura agrícola con respecto a la superficie de total del estado en un lapso de 37 años. En pérdidas se contabilizaron 247395.312 hectáreas en Ganancias 417635.93750 hectáreas y 539815.625 hectáreas se mantuvieron persistentes.

Cabe destacar que 3 municipios del estado no presentaron cambios en la cobertura agrícola estos municipios son: Atlamajalcingo del Monte, Xochistlahuaca, Iliatenco

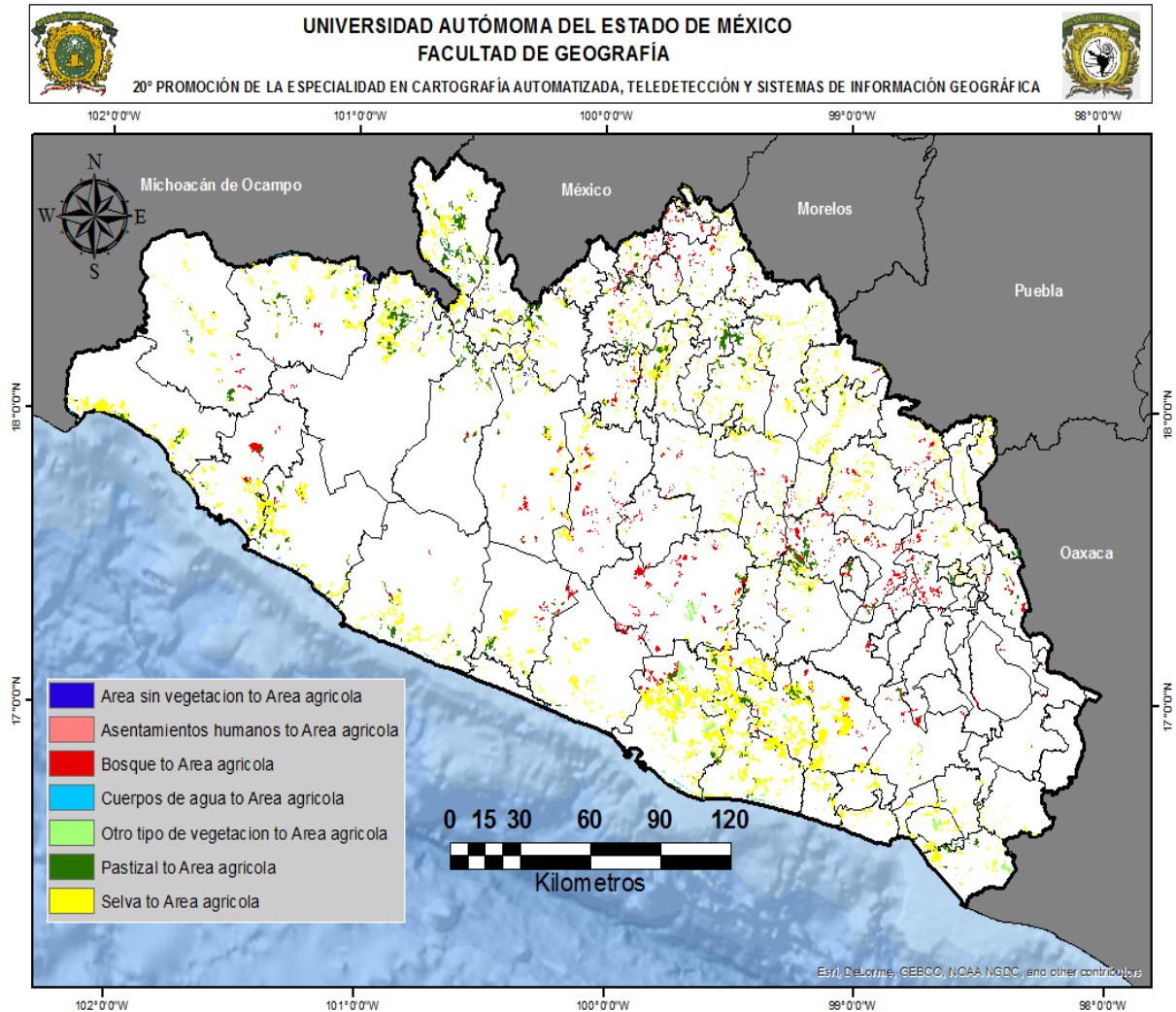


Figura 17 Mapa de coberturas que cambiaron hacia cobertura agrícola.

Se realizó un análisis más a fondo de la dinámica de la cobertura de la cobertura agrícola y permitió conocer la contribución de cada categoría en la cobertura agrícola. De los datos generados se desprende que la cobertura de selva la fue la que más contribuyó hacia el área agrícola y por el contrario la que menos contribuyó fue la categoría de área sin vegetación.

- 1 62800 Hectáreas de Bosque a Área agrícola
- 2 264606 Hectáreas de Selva a Área agrícola
- 3 75251 Hectáreas de Pastizal a Área agrícola
- 5 1896 Hectáreas de Cuerpos de agua a Área agrícola
- 6 11353 Hectáreas de Otro tipo de vegetación a Área agrícola
- 7 1728 Hectáreas de Área sin vegetación a Área agrícola.

	Total 1976		Total 2013		Ganancias		Perdidas		Cambio total		Intercambio		Cambio neto	
	Has.	%	Has.	%	Has.	%	Has.	%	Has.	%	Has.	%	Has.	%
Bosque	2339817,19	36,80	2267662,50	35,67	318229,69	5,01	390384,38	6,14	708614,06	11,15	636459,38	10,01	72154,69	1,13
Selva	2565435,94	40,35	1996704,69	31,41	335176,56	5,27	903907,81	14,22	1239084,38	19,49	670353,13	10,54	568731,25	8,95
Área agrícola	787210,94	12,38	957451,56	15,06	417635,94	6,57	247395,31	3,89	665031,25	10,46	494790,63	7,78	170240,63	2,68
Pastizal	527587,50	8,30	968573,44	15,23	698551,56	10,99	257565,63	4,05	956117,19	15,04	515131,25	8,10	440985,94	6,94
Asentamientos humanos	2223,44	0,03	46679,69	0,73	44478,13	0,70	21,88	0,00	44500,00	0,70	43,75	0,00	44456,25	0,70
Cuerpos de agua	38084,38	0,60	52242,19	0,82	23682,81	0,37	9525,00	0,15	33207,81	0,52	19050,00	0,30	14157,81	0,22
Otro tipo de vegetación	95023,44	1,49	68450,00	1,08	34975,00	0,55	61548,44	0,97	96523,44	1,52	69950,00	1,10	26573,44	0,42
Área sin vegetación	2431,25	0,04	50,00	0,00	50,00	0,00	2431,25	0,04	2481,25	0,04	100,00	0,00	2381,25	0,04
TOTAL	6357814,06	100,00	6357814,06	100,00	1872779,69	29,46	1872779,69	29,46	1872779,69	29,46	1202939,06	18,92	669840,63	10,54

Tabla 5 Resultados de la tabulación cruzada.

3.2. Análisis de la regresión

Durante el proceso de regresión Arcgis realiza una prueba de multicolinealidad, dicho proceso es necesario debido a que la multicolinealidad impide realizar de forma correcta el modelo de RGP.

Como resultado Arcgis detecto multicolinealidad en las variables de Densidad de población Población total y viviendas totales, debido a esto se crearon múltiples modelos hasta encontrar uno con alto poder de explicación, como resultado se obtuvo un modelo el cual contiene 9 variables independientes, las variables descartadas fueron población total y viviendas totales.

Se obtuvo un modelo con una R2 de 0.70 y una R2 ajustada de 0.62.

Bandwidth, 1.650488428821870

ResidualSquares 23.314881957773586

EffectiveNumber 18.572737337477164

Sigma 0.611124175555928

AICc 171.270675495524220

R2 0.708563990084592

R2Adjusted 0.626527260705453

El siguiente paso fue mapear los coeficientes de las variables explicativas y el R2 para tratar de explicar el resultado, de las 9 variables explicativas 5 presentaron variabilidad espacial .dichas variables son: Temperatura, Precipitación, Distancia media de carreteras federales y autopistas a áreas con ganancia, Distancia media de áreas con ganancia agrícola a localidades urbanas y rurales y Pendiente media. Igualmente hay que destacar que algunas variables que no presentaron variabilidad espacial son de gran ayuda para comprender el fenómeno de expansión agrícola.

El resultado del mapeo del coeficiente de la variable de temperatura arroja que en la mayoría del territorio fue factor para la expansión agrícola a excepción de una parte de la zona de la Costa grande y Tierra Caliente.

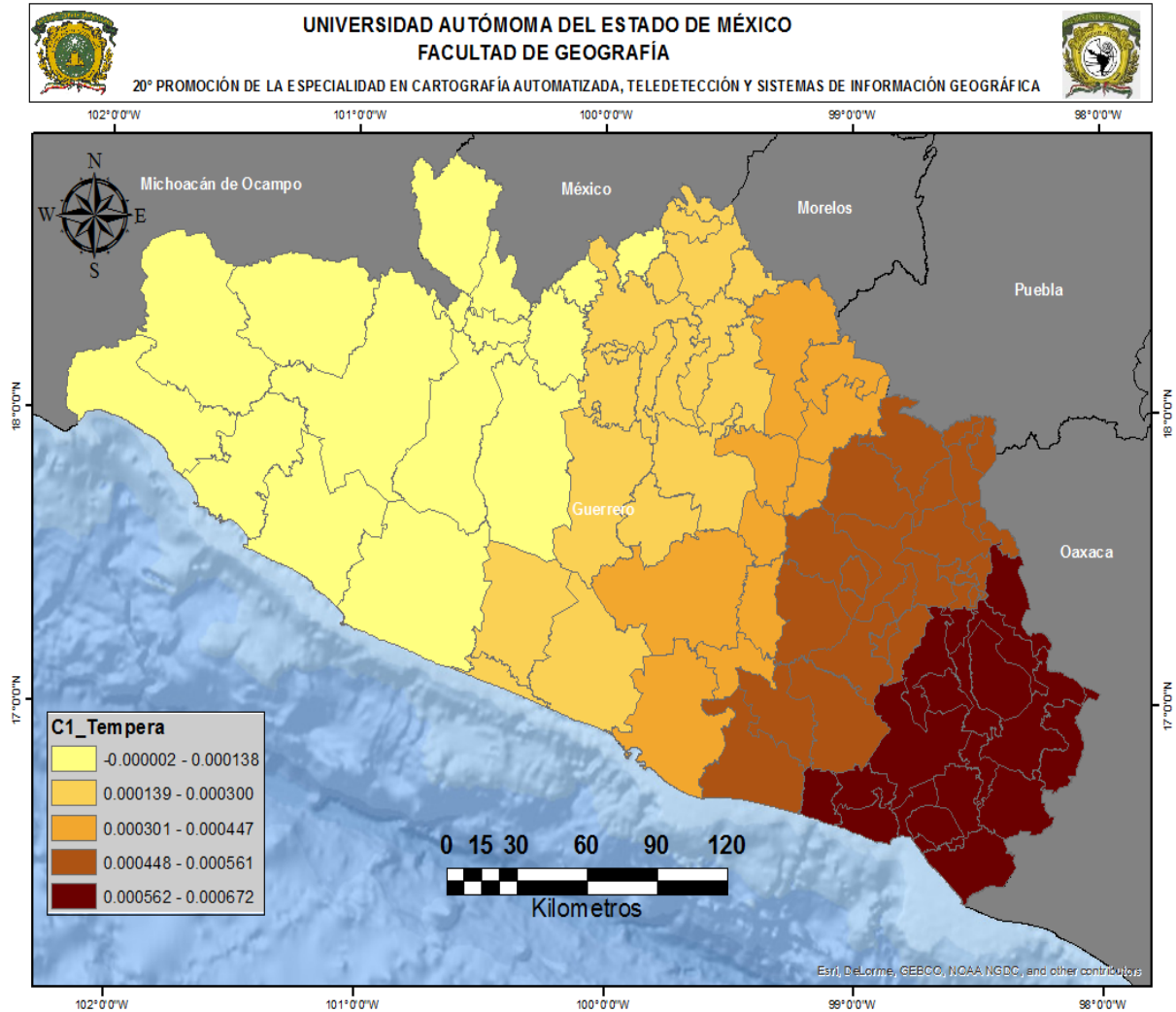


Figura 18 Mapa de coeficiente de temperatura.

El resultado del coeficiente de la variable de altitud impacto de manera negativa, esto quiere decir que no fue factor en todo el estado para la expansión agrícola.

Lo anterior puede explicarse a que los principales cultivos del estado como lo es el maíz se encuentran dentro de los rangos del altitud en todo el estado.

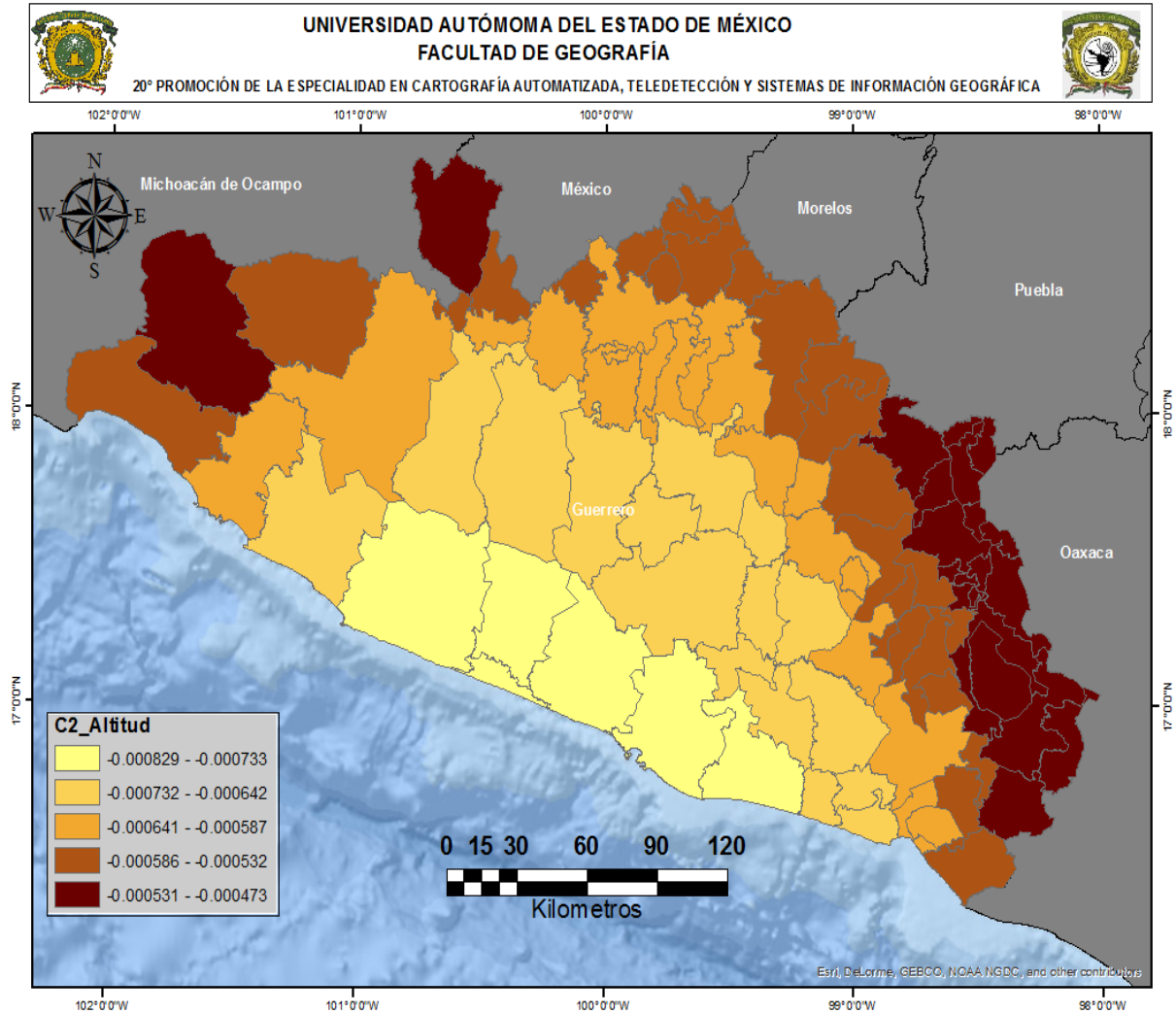


Figura 19 Mapa de coeficiente de altitud.

El coeficiente de precipitación impacto de forma positiva en la mayoría del estado y tiene un comportamiento espacial similar a la variable de temperatura, ya que las zonas en la cuales impacto de forma negativa son casi idénticas (Parte de la zona de tierra caliente y parte de la zona de la Costa grande), esto sin duda ayuda a comprender el comportamiento de la expansión agrícola en el estado debido a que la temperatura y precipitación son factores biofísicos que están relacionados en gran medida, además de ser lógico que la precipitación siempre será de gran ayuda para la agricultura.

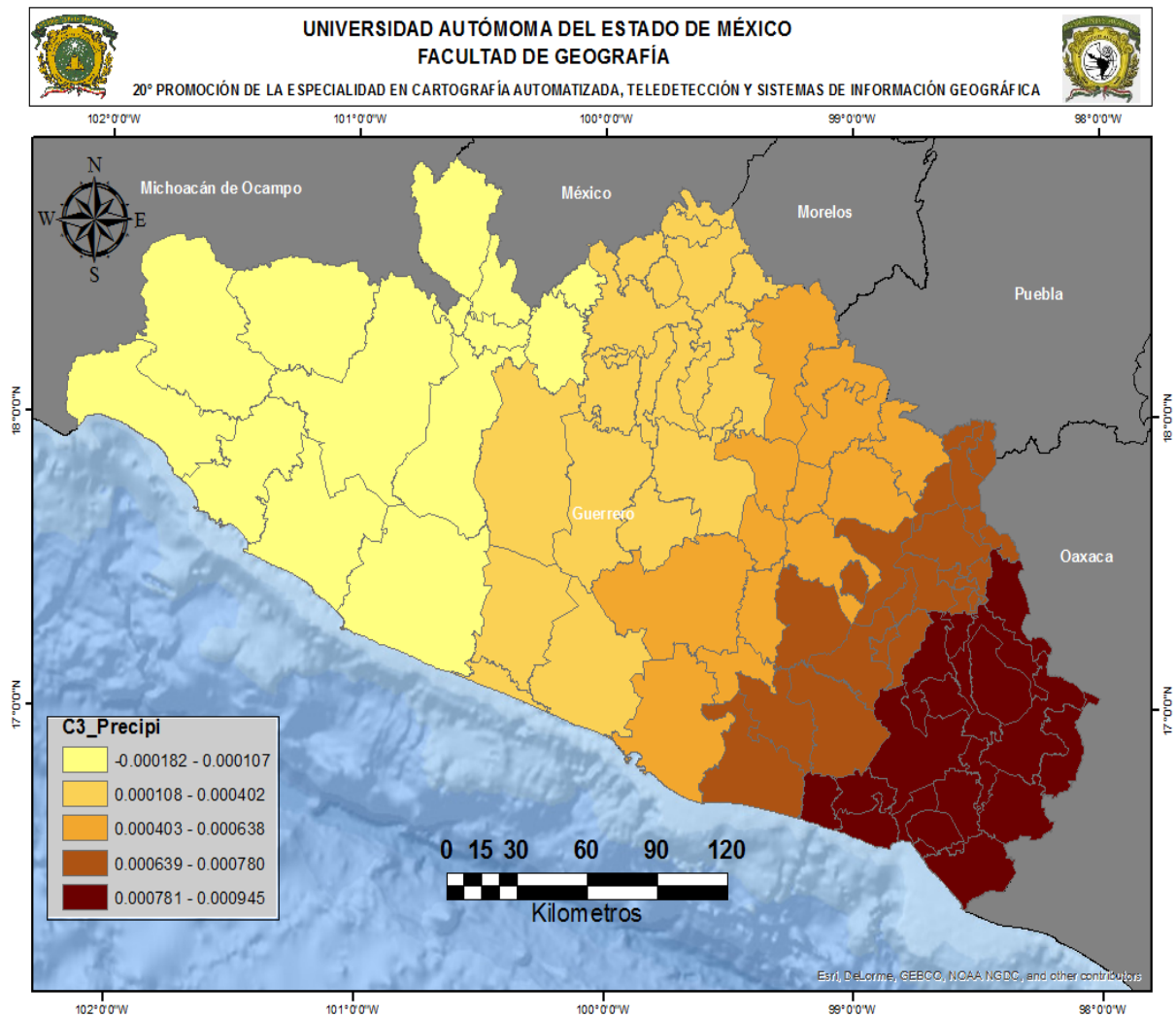


Figura 20 Mapa de coeficiente de Precipitación.

Algo que podría explicar que las zonas de tierra caliente no fuera factor para el crecimiento agrícola, es debido a que en esa zona la agricultura se encuentra más desarrollada que en el resto del estado además de contar con grandes depósitos de agua como presas y modernos sistemas de riego lo cual no hace indispensable a la lluvia para la producción agrícola.

El coeficiente obtenido de la variable de densidad de población resulto negativo y por ello resulta no ser un factor para la expansión agrícola, esto puede resultar raro debido a que una mayor población requiere de una mayor cantidad de productos, mas sin embargo esto no es un factor fundamental, debido a que los productos generados por la actividad agrícola no siempre son para consumo de la región o por el contrario es importado.

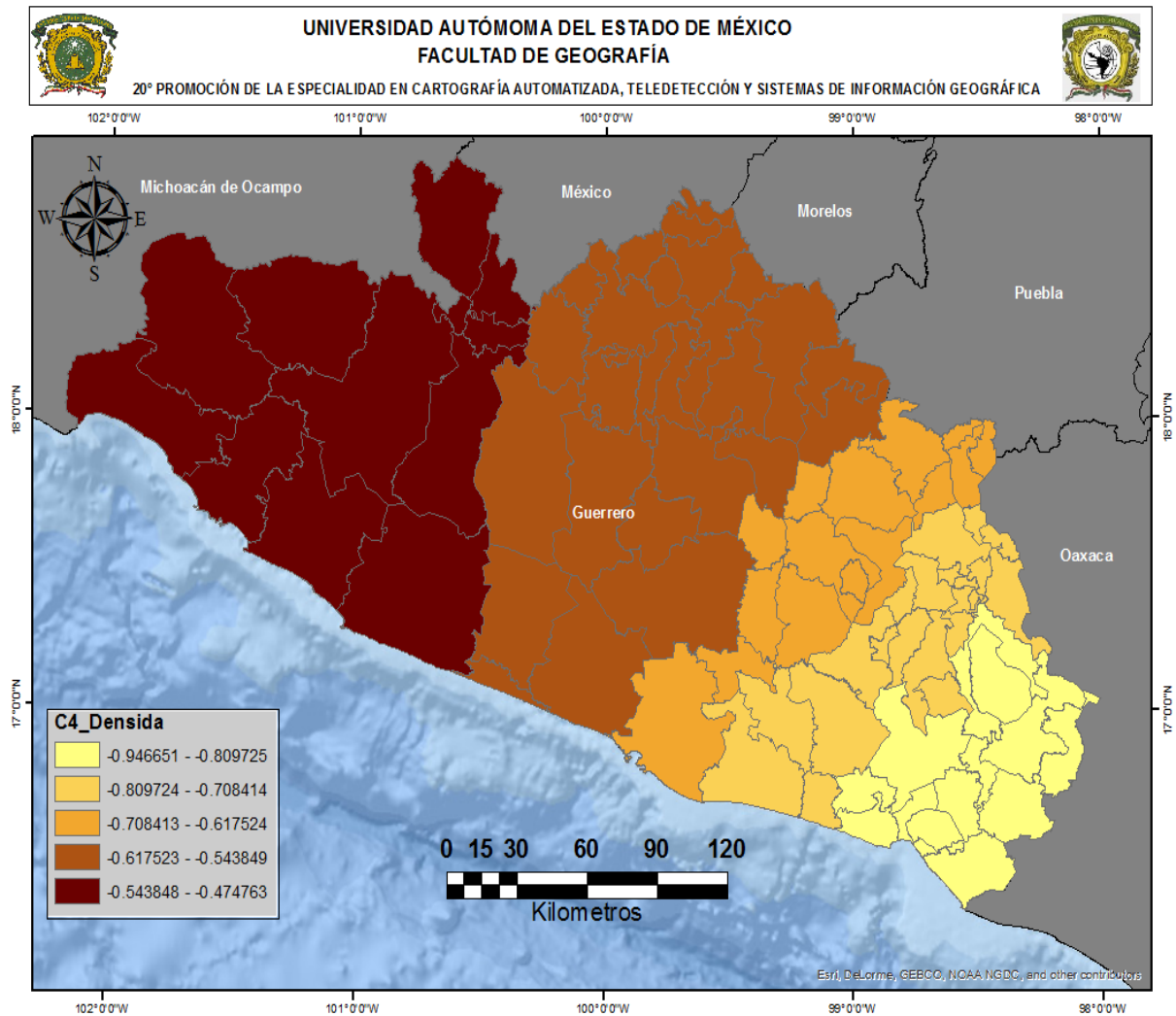


Figura 21 Mapa de coeficiente de densidad de población.

El coeficiente de la distancia media a localidades no fue un factor determinante en la mayoría de los municipios del estado a excepción de una parte de tierra caliente y la costa grande donde impacto de una manera positiva, este resultado se puede relacionar con la anterior variable de densidad de población, debido a que el crecimiento de población implica nuevas vías de comunicación.

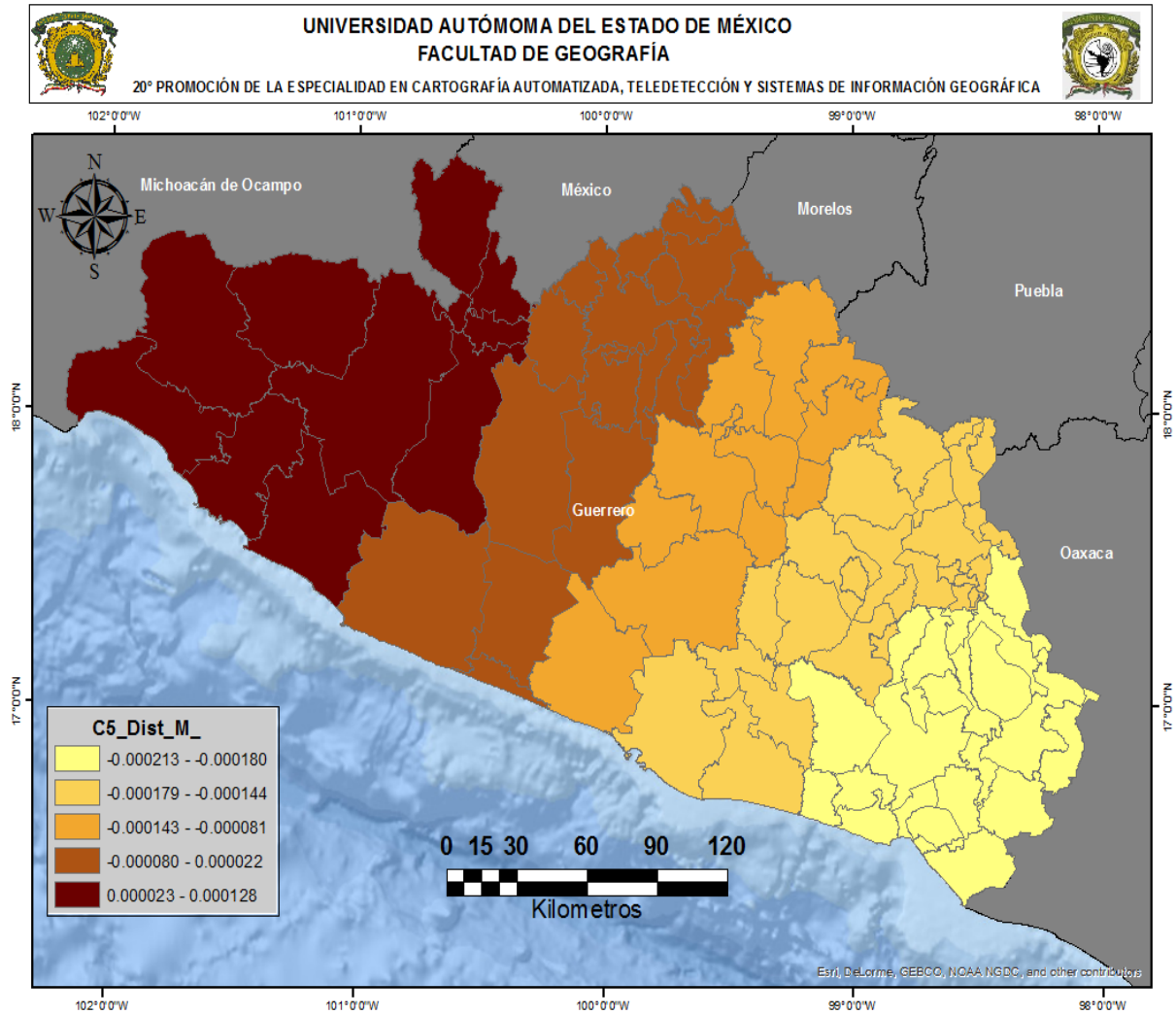


Figura 22 Mapa de coeficiente de distancia a localidades.

La variable de población analfabeta de 15 años y más se presentó de forma positiva en todo el estado en mayor medida en los extremo del estado en la zonas de costa grande y costa Chica y en menor medida en la zona norte del estado.

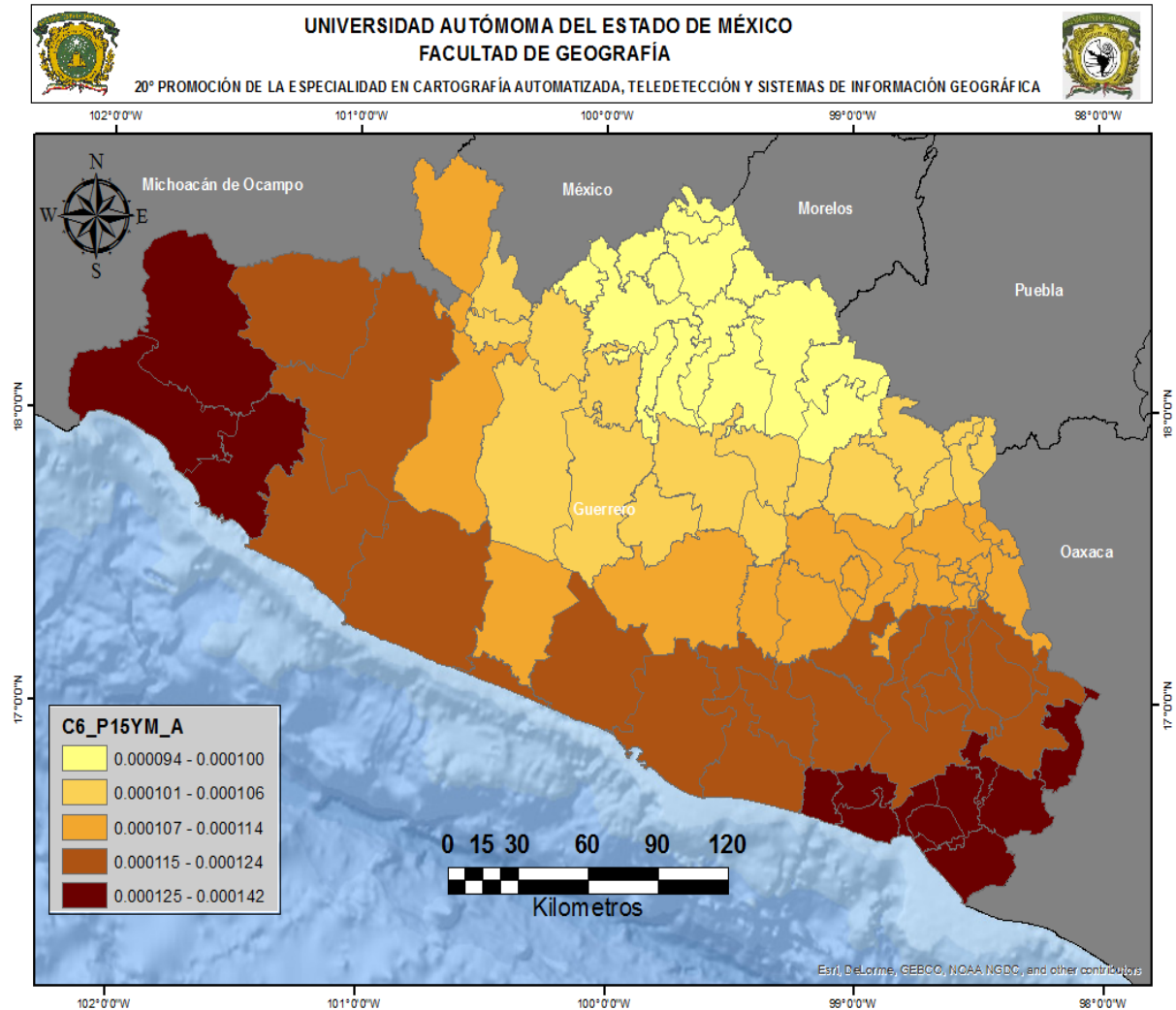


Figura 23 Mapa del coeficiente de personas con 15 años y más analfabetas.

La población económicamente activa, al igual que la variable anterior se presentó de forma positiva, esto quiere decir que si tuvo impacto, aunque esta variable resulto ser interesante debido a que ayuda a comprender la actividad económica del estado.

En el mapa se puede observar un mayor impacto de la población económicamente activa sobre la agricultura en su mayoría en las zonas de la región de la montaña y una pequeña parte de la región norte, y en menor medida esta variable tuvo impacto en la región de la costa. Esto podría deberse a que en la región de la costa la población allí existente tiende a dedicarse a otras actividades debido al mayor desarrollo económico, principalmente actividades turísticas.

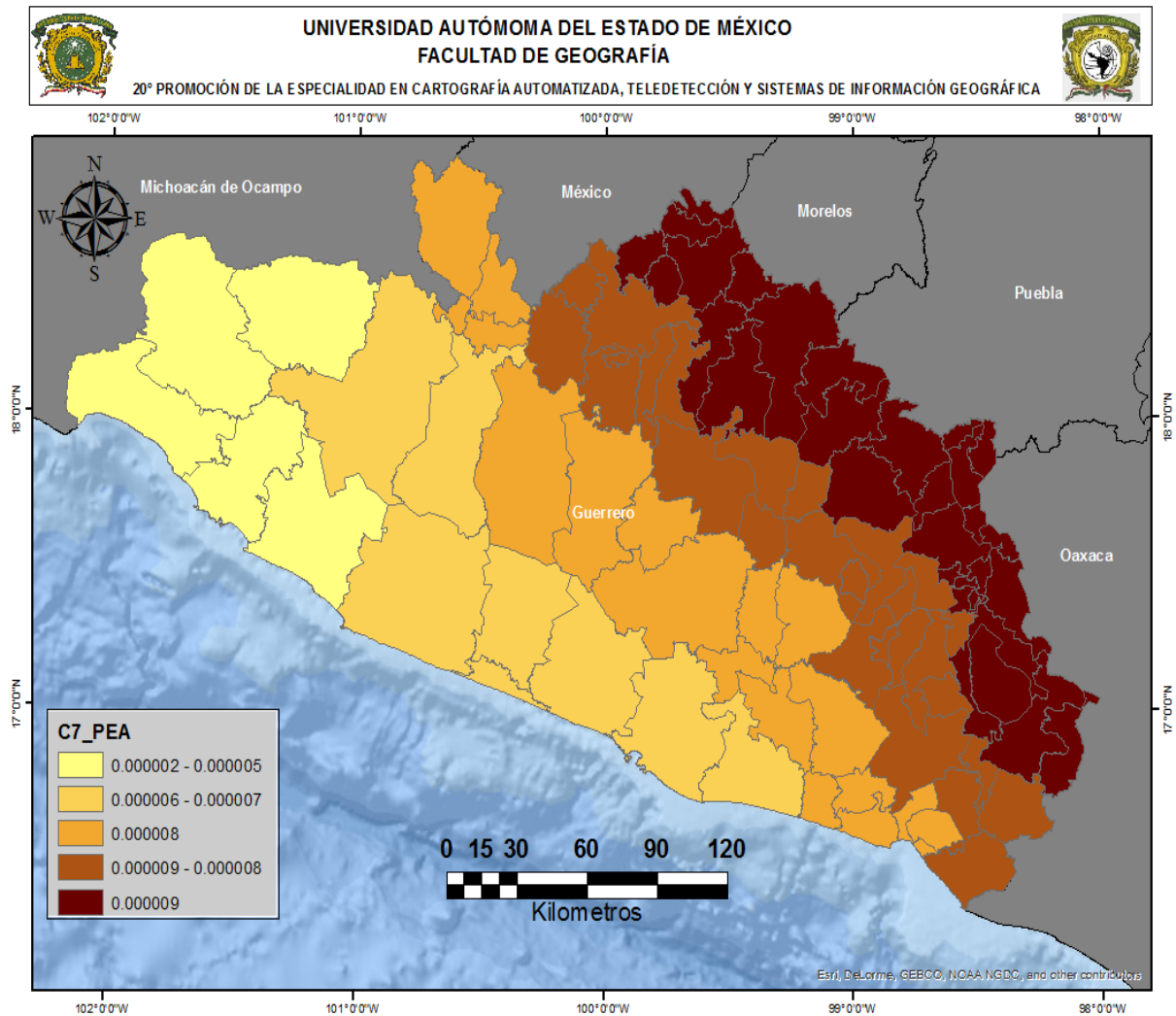


Figura 24 Mapa de coeficiente de población económicamente activa.

El coeficiente arrojado por la variable de distancia media a carreteras resulto contener variabilidad e impacto de forma negativa en la mayor parte de las regiones de la montaña costa chica y Acapulco.

Por el contrario esta variable tuvo un efecto positivo en las regiones de tierra caliente, este efecto podría estar explicado, por la mayor producción agrícola en la zona y una mayor cantidad de vías de comunicación principalmente conducentes a los estados de Michoacán y México, donde es llevada la mayoría de la cosecha.

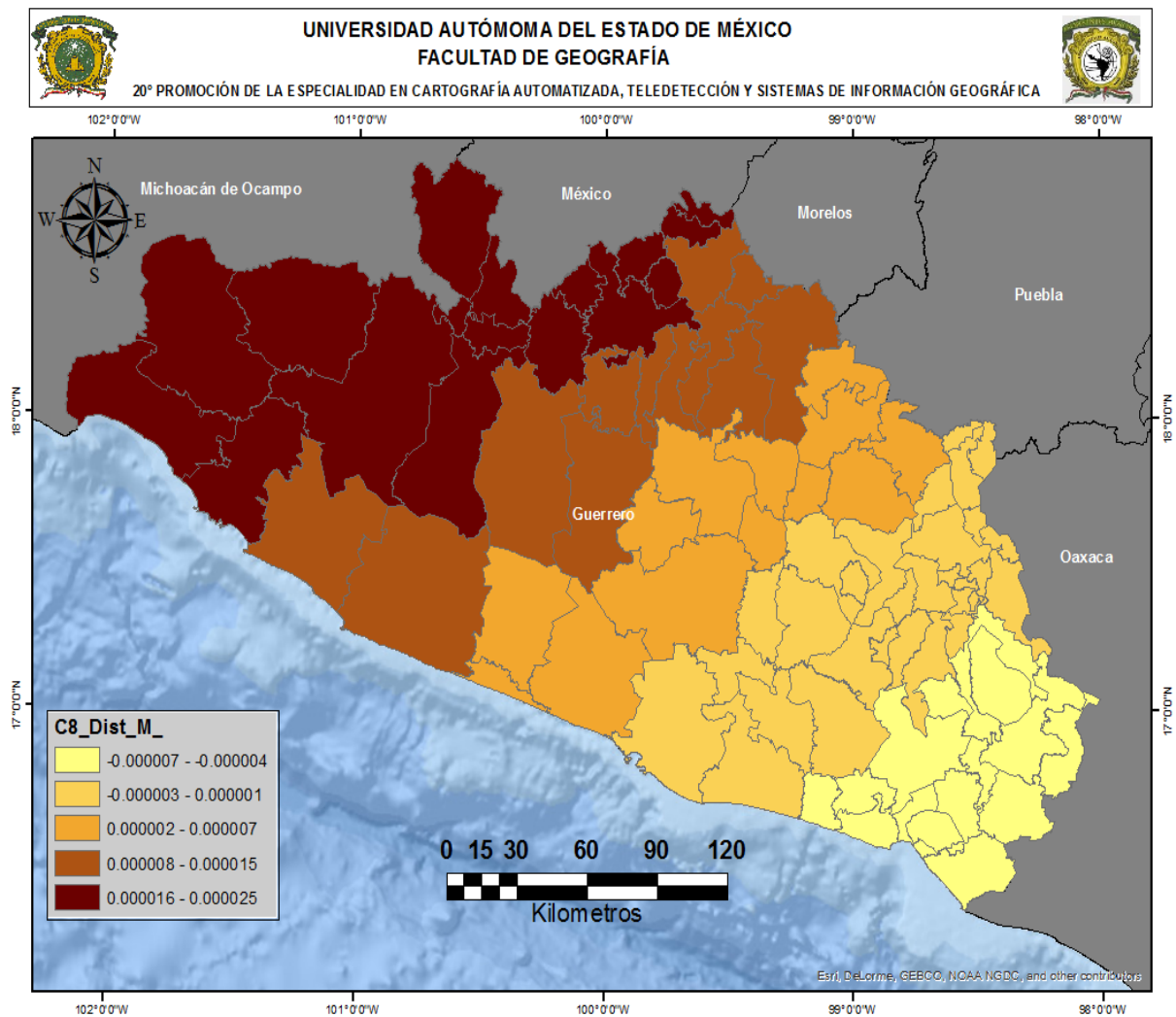


Figura 25 Mapa de coeficiente de distancia media a carreteras.

La variable de pendiente tuvo un impacto positivo en la mayoría del estado a excepción de una parte de la región de tierra caliente y una pequeña parte de la región de la Costa grande al igual que en variables anteriores esto puede deberse que en la zona de tierra caliente la agricultura posee un mayor desarrollo y no tiene tanta dependencia de factores biofísicos.

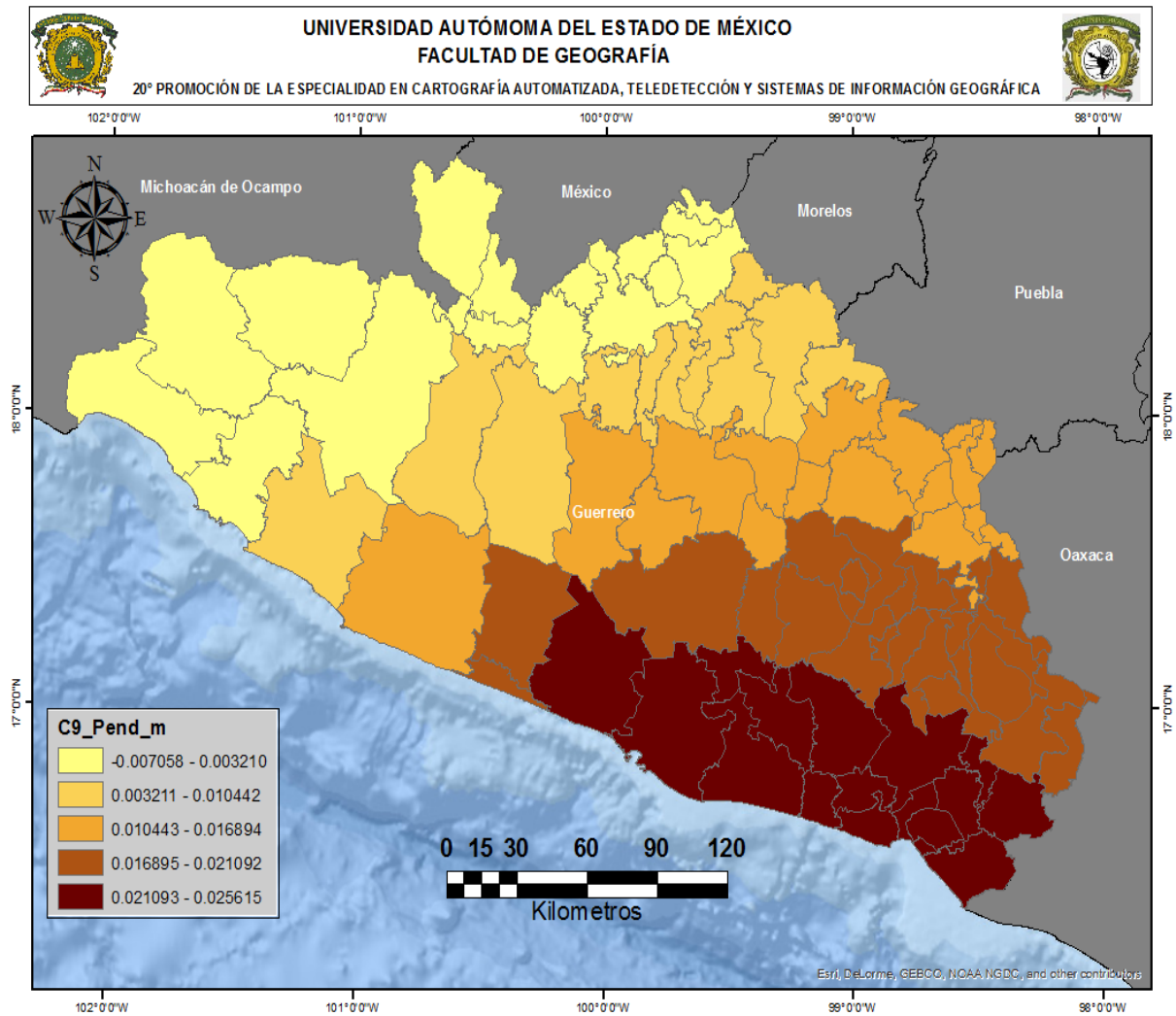


Figura 26 Mapa de coeficiente de pendiente media.

Por último se procedió a mapear el resultado de la R2 para analizar la región donde se ajustó mejor el modelo.

Como resultado se obtuvo que la zona con mejor fue la región de Acapulco y zonas colindantes sobre la costa.

Esto se podría explicar debido a la mayor presencia de población e infraestructura y una considerable producción agrícola, además de que las variables biofísicas se adaptaron mejor en una buena parte de esta zona.

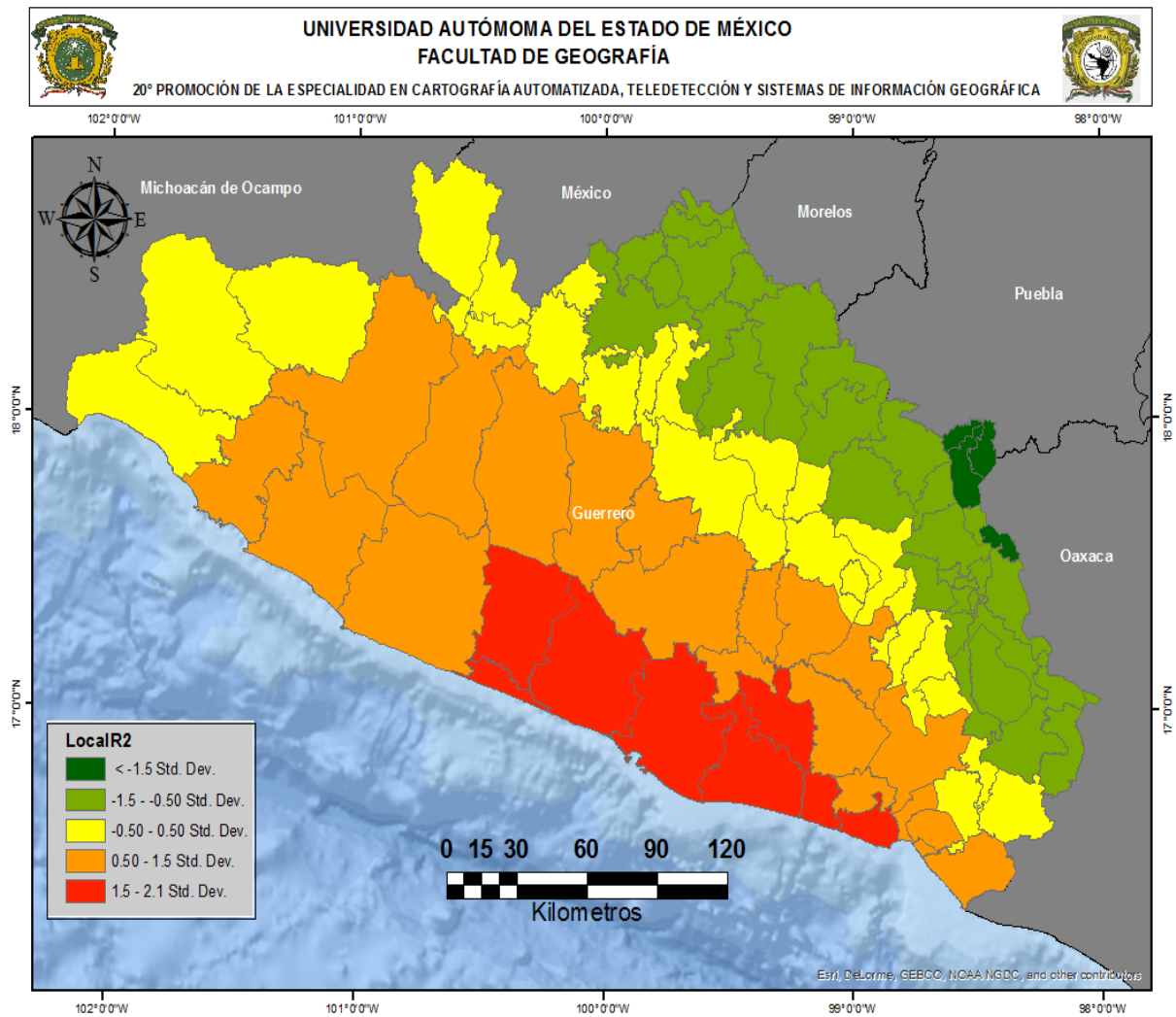


Figura 27 Mapa de ajuste de R2.

Conclusiones

Los resultados del trabajo presentado indican una gran dinámica de la cobertura de uso de suelo en el estado de Guerrero, Sin embargo más de la mitad de la cobertura se ha mantenido sin cambios.

Las coberturas que mayor ganancia presentaron son las relacionadas con la actividad humana como lo son los pastizales y la agricultura, de ahí la importancia de explorar los factores que se involucran en este fenómeno.

La aplicación de la regresión geográficamente ponderada demostró ser un método estadístico adecuado para aproximarse a los factores causantes de un fenómeno en este caso la expansión agrícola, ya muestra que muestra que tanto impacto puede causar una variable en zonas específicas.

El modelo implementado mostro que las variables seleccionadas tuvieron contraste principalmente en las zonas de tierra caliente y costa chica, asimismo las variables del tipo biofísicas, presentaron similar resultado, al igual que las variables de distancia media a carreteras y localidades.

Algo inesperado fue que las variables relacionadas con la población no tuvieran el impacto esperado en las regiones esperadas esto pudiera ser debido a consideraciones antes mencionadas, mas sin embargo muestran parte de cómo se desenvuelve economía de la región.

Recomendaciones

Debido a que el presente trabajo es de carácter académico no se realizaron verificaciones de campo por lo que en caso de realzar trabajos similares se recomienda realizar la verificación en campo.

El área de estudio se aplicó a nivel municipal y a consecuencia de esto el análisis de regresión se aplicó a 81 casos, es recomendable utilizar un mayor número de casos, además se recomienda crear modelos con pocas variables y que sean representativas del fenómeno a estudiar.

Bibliografía

- Pingali, P., 2006. *Expansión agrícola y desarrollo económico: Una visión a través de la globalización*. Madrid, I Congreso Internacional Sobre Desarrollo Humano..
- Dunjo, G., Pardini, G. & Maria, G., 2003. Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment, NE Spain. *Catena*, pp. 23-37.
- Farfan, M. & Mas, J.-F., 2013. *ANÁLISIS DE LOS PATRONES Y PROCESOS DE DEFORESTACIÓN (2000-2004) EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN, UTILIZANDO MODELOS DE REGRESIÓN GEOGRÁFICA PONDERADA*. San Luis Potosi, SELPER.
- Fotheringham, A., Brunson, C. & Charlton, M., 2002. *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. s.l.:WILEY.
- Gutierrez Puebla, J., Garcia Palomares, J. C. & Daniel Cardozo, O., 2012. *Regresión Geográficamente Ponderada (GWR) y estimación de la demanda de las estaciones del metro de Madrid*.. Madrid, XV CONGRESO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. .
- Lambin, E. F., 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*, 21 Septiembre.pp. 375-393.
- Osorio, P., MAS, J. . F. & Guerra, F., 2013. *Análisis y modelación de los procesos de deforestación en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero*.. s.l., s.n.
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P. & Verón, S. . R., 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo.. *Ciencia Hoy*, 15(87), pp. 14-23.
- Pineda Jaimes, N. B., Franco Plata, R., Bosque Sendra, J. & Gómez Delgado, M., 2010. Exploring the driving forces behind deforestation in the state of Mexico. *Applied Geography*, 30(4), pp. 576-591.
- Pontious, R. G., Shusas, E. & McEachern, M., 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* , Issue 101, pp. 251-268.
- Rojas, C. y otros, 2014. La dinámica de expansión urbana del área metropolitana de la ciudad de Concepción. *Metropolizaciones Colombia -Chile: Experiencias de Bogotá, Medellín, Santiago y Concepción*, pp. 39-56.
- SAGARPA, 2011. *Informe de Evaluación de Pérdidas en el sistema producto maíz*., Chilpancingo,Gro: Gobierno del estado de Guerrero.