



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA EN EL
CAMBIO DE USO DEL SUELO RURAL-URBANO EN LA
REGIÓN DE ATLIXCO, PUEBLA**

VICTOR GENARO LUNA FERNÁNDEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

Puebla, Puebla
2011



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03 ANEXO

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Victor Genaro Luna Fernández** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Mario Manuel Aliphath Fernández** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Análisis multitemporal de la dinámica en el cambio de uso del suelo rural-urbano en la región de Atlixco, Puebla** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla noviembre del 2011.

Firma

Victor Genaro Luna Fernández

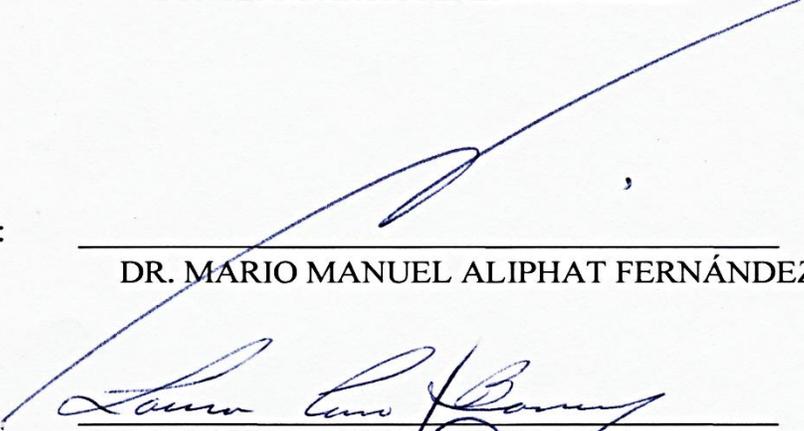
Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis
Dr. Mario Manuel Aliphath Fernández

La presente tesis titulada: **Análisis multitemporal de la dinámica en el cambio de uso del suelo rural-urbano en la región de Atlixco, Puebla**; realizada por el alumno: **Victor Genaro Luna Fernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

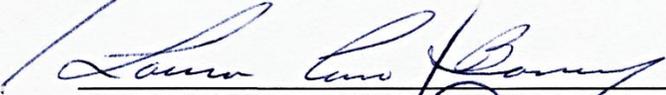
DOCTOR EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL
CONSEJO PARTICULAR

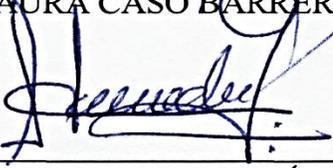
CONSEJERO:


DR. MARIO MANUEL ALIPHAT FERNÁNDEZ

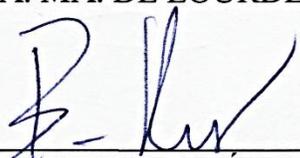
ASESOR:


DRA. LAURA CASO BARRERA

ASESOR:


DRA. MA. DE LOURDES SÁNCHEZ GÓMEZ

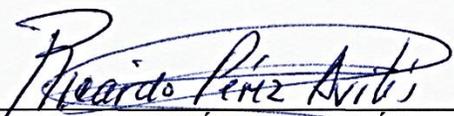
ASESOR:


DR. BENITO RAMÍREZ VALVERDE

ASESOR:


DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

ASESOR:


DR. RICARDO PÉREZ AVILÉS

Puebla, Pue., noviembre del 2011.

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA EN EL CAMBIO DE USO DEL SUELO RURAL-URBANO EN LA REGIÓN DE ATLIXCO, PUEBLA

Victor Genaro Luna Fernández, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

La presente investigación se llevó a cabo en la región de Atlixco, Puebla, en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo. Tuvo como objetivo conocer la dinámica en el cambio de uso del suelo en la región de Atlixco durante el periodo de 1977 al 2007 y la relación que existe en función de los factores sociales, económicos, agrícolas y ambientales. La importancia de estudiar estas relaciones desde un enfoque sistémico radica en tratar de comprender el funcionamiento de la sociedad desde una perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones entre los componentes, desde el punto de interés del todo y no solo el de las partes que son inherentes al problema. Debido a que el problema analizado se encuentra dentro de un conjunto organizado de elementos que interactúan entre sí y que son interdependientes, formando un todo complejo, identificable y distinto, la investigación se encuentra fundamentada en la Teoría General de Sistemas (TSG). Por lo que la metodología utilizada incluyó diversos enfoques como: el histórico, el geográfico, el económico-social y el político, en donde fue necesario combinar distintas disciplinas, con la finalidad de poder utilizar herramientas cuantitativas y cualitativas que permitieran llevar a cabo una triangulación de la información, para su posterior análisis y en su caso, comprender los procesos y factores que han incentivado el cambio de uso del suelo de la región. En este sentido los resultados que se obtuvieron fue una disminución de las áreas destinadas a las actividades agrícolas tanto de temporal como de riego, al pasar de 54,603 ha en 1977 a 34,312 ha en el 2007, lo que significó un cambio del 63% en 30 años, debido a diversos factores como la falta de agua para llevar acabo las actividades agrícolas, los altos costos de los fertilizantes, la degradación de los suelos y la poca rentabilidad de los productos agropecuarios. Sin embargo la zona urbana tuvo un incremento de 16,776 ha, durante el mismo periodo.

Palabras clave: Análisis multitemporal, cambio de uso del suelo, imágenes de satélite, rural-urbano, SIG's.

MULTITEMPORAL ANALYSIS DYNAMICS IN LAND USE CHANGE IN RURAL-URBAN
REGION ATLIXCO, PUEBLA

Victor Genaro Luna Fernández, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011

This research was conducted in the region of Atlixco, Puebla, in the communities of San Pedro Benito Juárez and Nexatengo. Aimed to understand the dynamics of changing land use in the region of Atlixco in the period 1977 to 2007 and the relationship in terms of social, economic, agricultural and environmental. The importance of studying these relationships from a systemic approach lies in trying to understand the functioning of society from a holistic and inclusive, where what matters are the relationships between components, from the point of interest of all and not just the the parts that are inherent to the problem. Because the problem is analyzed within an organized set of elements that interact with each other and are interdependent, forming a complex whole, identifiable and distinct, the investigation is based on General Systems Theory (TSG). So the methodology used included various approaches such as: historical, geographic, socio-economic and political, where it was necessary to combine different disciplines, in order to be able to use quantitative and qualitative tools that enable you to perform a triangulation information for later analysis and where appropriate, to understand the processes and factors that have encouraged land-use change in the region. In this sense the results obtained was a reduction in areas for both farming and irrigation time, going from 54.603 ha in 1977 to 34.312 ha in 2007, which meant a change from 63% in 30 years due to various factors such as lack of water to carry out agricultural activities, the high costs of fertilizers, soil degradation and the low profitability of agricultural products. However, the urban area had an increase of 16.776 ha, during the same period.

Key words: GIS, land use, multi-temporal analysis, rural-urban and satellite imagery.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, en específico al programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional (EDAR) por haberme abierto sus puertas para concretar uno de mis proyectos personales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico proporcionado para llevar a cabo esta investigación.

A los Doctores y Doctoras, miembros de mi Consejo Particular por su decidido y generoso apoyo para la realización de este trabajo.

Al Dr. Mario Manuel Aliphath Fernández por su amistad, apoyo incondicional y seguimiento de este trabajo de investigación, así como por compartir su experiencia profesional y consejos para que esta fuera concretada.

A la Dra. Laura Caso Barrera por la oportunidad de formar parte de un equipo de trabajo en conjunto con la Dra. Rosalva Loreto López (Investigadora de la BUAP), así como por sus enseñanzas con respecto a la forma de trabajar y su apoyo en este proyecto.

A la Dra. María de Lourdes Sánchez Gómez por su amistad, apoyo incondicional, consejos y comprensión durante el desarrollo de la investigación, así como por su manera de ver la vida siempre positiva.

Al Dr. Benito Ramírez Valverde por el apoyo para la elaboración de este trabajo y sus consejos valiosos respecto a la parte estadística y a la sensibilización sobre tomar en cuenta aspectos sociales en este trabajo.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación y sus aportaciones respecto al área de estudio y el acompañamiento en el recorrido de campo.

Al Dr. Ricardo Pérez Avilés por su amistad y apoyo incondicional, así como las facilidades otorgadas para poder realizar de manera satisfactoria la investigación de campo.

A los productores de las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo por el tiempo y la información proporcionada.

ABREVIATURAS

- BANOBRAS** Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.
- CEPAL** Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- CIESAS** Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social
- CONABIO** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- CONAPO** Consejo Nacional de Población
- ETM+** Enhanced Thematic Mapper Plus
- FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- GIOT** Grupo Interinstitucional de Ordenamiento Territorial
- GLCF** Global Land Cover Facility
- GPS** Global Positioning System - Sistema de Posicionamiento Global
- ICA** Instituto Colombiano Agropecuario
- INEGI** Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- LGEEPA** Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- MSS** Multi Spectral Scanner
- NCGIA** Center for Geographic Information and Analysis
- PEOT** Programas Estatales de Ordenamiento Territorial
- PMDUA** Plan Municipal de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Atlixco
- PROCAMPO** Programa de Apoyos Directos al Campo
- PROCEDE** Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos
- RAN** Registro Agrario Nacional
- SEDESOL** Secretaria de desarrollo social
- SEMARNAT** Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales
- SIAP** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
- SIG** Sistema de información geográfica
- TM** Thematic Mapper
- UTM** Universal Transversal de Mercator

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| I.INTRODUCCIÓN | 1 |
| II.MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | 6 |
| 2.1 Teoría de sistemas | 6 |
| 2.2 El concepto de sistema | 6 |
| 2.3 Los sistemas ambientales | 8 |
| 2.4 Sistemas y modelos | 9 |
| 2.5 Ecología humana | 9 |
| 2.6 Ecología urbana | 11 |
| 2.7 Ecología agrícola | 13 |
| 2.8 Agroecosistema | 14 |
| 2.9 Ecología de sistemas | 16 |
| 2.10 Cambio de la cobertura y del uso del suelo | 18 |
| a) Conversión de la cobertura del suelo | 20 |
| b) Degradación de suelos | 20 |
| c) Intensificación del uso del suelo | 21 |
| 2.11 Estudios sobre cambio de uso del suelo: una revisión | 21 |
| 2.12 Sistemas de Información Geográfica (SIGs) | 25 |
| 2.13 Ordenamiento territorial | 28 |
| 2.14 La política de ordenamiento territorial en México | 30 |
| 2.15 Propuestas de ordenamiento del territorio del municipio de Atlixco | 32 |
| 2.16 El aspecto social en la transformación de los espacios rurales | 35 |
| 2.17 Transformación del territorio rural | 37 |
| 2.18 El concepto de Bioregión | 40 |
| 2.19 Concepto de Campesino | 43 |
| 2.20 Grupo Étnico | 46 |
| III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 50 |
| 3.1 Justificación | 52 |
| 3.2 Objetivo general | 54 |
| 3.3 Objetivos específicos | 54 |

| | |
|---|----|
| 3.4 Hipótesis general | 55 |
| 3.5 Hipótesis específicas | 55 |
| IV. METODOLOGÍA | 56 |
| 4.1 Enfoque metodológico de la investigación | 56 |
| 4.2 Métodos, técnicas y herramientas de investigación | 60 |
| 4.3 Revisión bibliográfica | 61 |
| 4.4 Estudio exploratorio | 62 |
| 4.5 Selección del área de estudio | 62 |
| 4.6 Exploración visual de la zona de estudio. | 63 |
| 4.7 Esquema metodológico del procesamiento digital de las imágenes de satélite y la cartografía digitalizada. | 66 |
| 4.8 Materiales | 67 |
| 4.9 Correcciones geométricas | 68 |
| 4.10 Correcciones atmosféricas | 68 |
| 4.11 Interpretación Visual de Imágenes de Satélite | 69 |
| 4.12 Análisis de la cobertura vegetal mediante NDVI | 70 |
| 4.12.1 Generación de los índices de vegetación | 72 |
| 4.13 Análisis cuantitativo de la transformación del uso del suelo | 72 |
| 4.13.1 Fuentes de información empleadas | 72 |
| 4.13.2 Cartografía INEGI | 73 |
| 4.13.3 Imágenes Landsat | 74 |
| 4.13.4 Precisión de la Clasificación | 75 |
| 4.13.5 Limitaciones del método | 79 |
| 4.14 Población de estudio | 80 |
| 4.15 Técnica de encuesta | 80 |
| 4.16 Muestreo | 81 |
| 4.17 Análisis de la Información | 82 |
| V. ÁREA DE ESTUDIO | 83 |
| 5.1 Ubicación del área de estudio | 86 |
| 5.2 Relieve | 89 |
| 5.3 Los Suelos | 91 |

| | |
|--|-----|
| 5.4 Clima | 95 |
| 5.5 Vegetación | 97 |
| 5.6 Hidrografía | 100 |
| 5.7 Medio Económico | 102 |
| VI. RESULTADOS | 104 |
| 6.1 La transformación rural-urbana de la región de Atlixco, Puebla del periodo prehispánico al siglo XX. | 104 |
| 6.1.2 Comunidades indígenas en la época prehispánica en Atlixco. | 104 |
| 6.1.3 Conquista hispana: transformación agrícola y explotación de los recursos naturales. | 106 |
| 6.1.4 La hacienda como detonador de cambio y desarrollo urbano | 113 |
| 6.1.5 Etnicidad, campesinado y tenencia de la tierra en Atlixco. | 123 |
| 6.1.6 El crecimiento de la población en la región de Atlixco entre 1900 al 2010 | 126 |
| 6.1.6.1 Mercado formal de tierras | 131 |
| 6.1.6.2 Mercado informal de tierras | 132 |
| 6.1.6.3 Mercado emergente de tierras | 132 |
| 6.2 Interpretación visual de imágenes de satélite de la transformación del uso del suelo agrícola a urbano en la región de Atlixco, Puebla durante el periodo comprendido de 1977 al 2007. | 134 |
| 6.2.1 Criterios visuales para identificación. | 136 |
| 6.2.2 Tono | 137 |
| 6.2.3 Color | 138 |
| 6.2.4 Textura | 139 |
| 6.2.5 Forma | 139 |
| 6.2.6 Tamaño | 139 |
| 6.2.7 Patrón | 140 |
| 6.2.8 Localización | 140 |
| 6.2.9 Aspectos temporales | 140 |
| 6.3 Análisis de la cobertura vegetal mediante Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). | 151 |
| 6.4 Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo mediante imágenes Landsat | 157 |

| | |
|---|-----|
| de la región de Atlixco, Puebla, México. | |
| 6.4.1 Distribución espacial de las coberturas y agrosistemas presentes en el uso del suelo en 1977. | 163 |
| 6.4.2 Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en año 2000 | 164 |
| 6.4.3 Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en año 2007 | 164 |
| 6.4.4 Cambios en las coberturas y en el uso del suelo (1977-2007) | 165 |
| 6.4.5 Tasa de cambio uso del suelo, (1977- 2000) y (2000-2007) | 168 |
| 6.5 Transformación del uso del suelo agrícola a urbano y su impacto social en las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo. | 171 |
| 6.5.1 La producción agrícola como medio de vida. | 175 |
| 6.5.2 Consecuencias del crecimiento urbano. | 178 |
| VII. DISCUSIÓN | 187 |
| VIII. CONCLUSIONES | 206 |
| IX. PROPUESTAS | 212 |
| X. LITERATURA CITADA | 219 |
| ANEXOS | |
| Cuestionario aplicado a los campesinos de las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo. | |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Cuadro 1. Características de la economía campesina y sus diferencias con la agricultura empresarial. | 44 |
| Cuadro 2. Características de las imágenes de satélite. | 67 |
| Cuadro 3. Evaluación del cambio de uso del suelo (1977) | 78 |
| Cuadro 4. Matriz de Confusión. | 69 |
| Cuadro 5. Población del distrito de Atlixco, 1871-1921 | 116 |
| Cuadro 6. Población por municipalidad del distrito de Atlixco, 1890-1921. | 117 |
| Cuadro 7. Dinámica de la población de la región de Atlixco 1900 – 2010. | 129 |
| Cuadro 8. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) | 156 |
| Cuadro 9. Dinámica de Cambio Uso del Suelo 1977-2007. Región de Atlixco | 163 |
| Cuadro 10. Tasa de Cambio en la región de Atlixco. Uso del Suelo, 1977-2007. | 168 |
| Cuadro 11. Escolaridad en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco. | 181 |
| Cuadro 12. Razones del abandono de la actividad agrícola en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco. | 182 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Ordenamiento Territorial Propuesto por el PMDUA para el Municipio de Atlixco (2001). | 34 |
| Figura 2. Perspectiva General del Proceso de Investigación. | 59 |
| Figura 3. Topografía de Atlixco. | 64 |
| Figura 4. Puntos de control Modelo Digital Terreno Atlixco. | 65 |
| Figura 5. Proceso digital de imágenes. | 66 |
| Figura 6. Comportamiento espectral teórico de la vegetación vigorosa. | 71 |
| Figura 7. Elementos que considera la bioregión | 85 |
| Figura 8. Localización de la región de Atlixco. | 87 |
| Figura 9. Municipios que contemplan la región de Atlixco. | 88 |
| Figura 10. Curvas de nivel de la región de Atlixco. | 90 |
| Figura 11. Perfil Altitudinal edafológico de la región de Atlixco, Puebla. | 94 |
| Figura 12. Perfil Altitudinal climático de la región de Atlixco, Puebla. | 96 |
| Figura 13. Perfil Altitudinal de vegetación de la región de Atlixco, Puebla. | 99 |
| Figura 14. Corrientes de agua perenne de la región de Atlixco, Puebla. | 101 |
| Figura 15. Señoríos indígenas y sus territorios 1443-1519. | 107 |
| Figura 16. La presencia española entre 1530 - 1610. | 108 |
| Figura 17. Distribución de pueblos y haciendas en la región de Atlixco. | 112 |
| Figura 18. Distribución de la Población de Tochimilco, Atzitzihuacán y Atlixco. 1870-1871. | 119 |
| Figura 19. Distribución de la Población en Atlixco según el censo de 1910. | 122 |
| Figura 20. Evolución demográfica de la región de Atlixco 1900 – 2010. | 130 |

| | |
|--|-----|
| Figura 21. Uso de suelo y tipos de tenencia en el Municipio de Atlixco Puebla, con fecha 21 de marzo de 1977. | 143 |
| Figura 22. Principales cultivos de la región para el 21 de marzo de 1977. | 146 |
| Figura 23. Uso del suelo con fecha 6 de marzo de 1989. | 147 |
| Figura 24. Uso del suelo en el Municipio de Atlixco, con fecha 21 de marzo del 2000. | 149 |
| Figura 25. Uso del suelo en el Municipio de Atlixco, con fecha 21 de noviembre del 2007. | 150 |
| Figura 26. Índice NDVI en la región de Atlixco, Landsat MSS, 21 de marzo de 1977. | 153 |
| Figura 27. Índice NDVI en la región de Atlixco, Landsat TM, 6 de marzo de 1989. | 153 |
| Figura 28. Índice NDVI en la región de Atlixco, Landsat TM, 21 de marzo del 2000. | 154 |
| Figura 29. Índice NDVI en la región de Atlixco, Spot TM, 27 de noviembre de 2007. | 154 |
| Figura 30. Hectáreas de uso y cobertura del suelo de las clasificaciones del 1977 y 2007 en el área de estudio. | 166 |
| Figura 31. Comparativo espacial de uso del suelo en la región de Atlixco, Puebla, 1977-2000-2007. | 167 |
| Figura 32. Tasas de cambio que denotan las categorías que pierden y las que ganan superficie al comparar las bases de datos 1977-2007 en la región de Atlixco, Puebla. | 170 |
| Figura 33. Ubicación geográfica de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco Puebla. | 172 |
| Figura 34. Tenencia de la tierra (cantidades en %) en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco. | 174 |
| Figura 35. Razones por las cuales ha cambiado el tipo de cultivo en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco. | 176 |

I. INTRODUCCIÓN

El ser humano, desde que surgió como especie dominante ha transformado los sistemas naturales. Ha habido una tendencia tradicional a suponer que el progreso social y económico está asociado invariablemente con la creciente urbanización y el desarrollo de las ciudades en el (Juppenlatz, 1990). La increíble paradoja es que ahora algunos de los logros de los avances científicos y tecnológicos para mejorar las condiciones de vida representan una amenaza para nuestro planeta y para el equilibrio de sus ecosistemas (López *et al.*, 2007).

Los procesos de establecimiento y expansión espacial de los asentamientos humanos han causado un fuerte impacto sobre el tamaño y número de hábitats naturales, en la distribución y abundancia de plantas y animales, y finalmente, en la diversidad biológica (López, 1999).

El ser humano desde que se establece en una región se ve en la necesidad de hacer uso de los recursos que lo rodean. De esta manera modifica su entorno al llevar a cabo actividades productivas o con la construcción de viviendas. Estos cambios producen importantes transformaciones en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que pueden alterar la calidad de vida de las personas que se encuentran en él (SER, 2004:1-15). Fenómenos como la deforestación, el cambio climático y el crecimiento desordenado de la población ponen en peligro a las comunidades biológicas (Rozzi *et. al.*, 2001:45-58).

Un ejemplo es el caso de la Ciudad de Puebla en donde existe una concentración urbana relativamente nueva, pero con un aliciente urbano de los más vigorosos del país iniciada a partir de la segunda mitad del siglo XX. A partir de 1531, año de la fundación de la ciudad de Puebla, no dejó de crecer, con excepción de altibajos durante la colonia. Actualmente esta ciudad y su zona conurbada alojan a cerca de la mitad de la población del estado y a la mayor parte de la industria, el comercio, las finanzas, los servicios, etc.

La población económicamente activa industrial correspondiente al distrito o Municipio de Puebla representa la mayor parte del total del estado. La expansión del crecimiento de la Ciudad de Puebla hacia su área mediata e inmediata, se refleja en el hecho de que ésta ciudad se conurbó,

de 1930 a la fecha, con las localidades más cercanas como: Hueyotlipan y Huexotitla y con las localidades de distancia media, como Amozoc y Cholula.

Específicamente el Municipio de Atlixco, aledaño a la Ciudad de Puebla ha venido desarrollado un acontecimiento similar en relación a la acelerada expansión urbana en las últimas cuatro décadas, misma que ha provocado un desplazamiento de la población hacia las periferias de dicho municipio, en donde se han acrecentando los problemas sociales, ambientales y se han modificado substancialmente los usos y coberturas de los suelos provocando alteraciones en el ecosistema (Pauleit *et al.*, 2005:295-310). La problemática particular del desarrollo urbano de Atlixco y su implicación en el cambio de uso de suelo rural a urbano y en los ecosistemas, está relacionado con los planes y programas de desarrollo urbano.

Los cambios en la región sur del Estado de Puebla, nos llevan a proponer un estudio del Municipio de Atlixco bajo el enfoque de la Teoría General de Sistemas, la cual se basa en una metodología interdisciplinaria que integra técnicas y conocimientos de diversos campos como la agrología, la sociología, la economía, la ecología, la geografía y como herramienta técnica de análisis los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) entre otras, con el fin de proporcionar herramientas para uso, conservación y restauración de los servicios ecosistémicos (Mass, 2003:117-136).

La superficie terrestre del Municipio de Atlixco ha venido sufriendo constantes cambios a lo largo del tiempo, debido principalmente a la apertura de nuevas tierras, desmontes, asentamientos humanos e industriales, construcción de infraestructura y de vías de comunicación, entre otros. El impacto que producen estas actividades en el medio ambiente, puede ser evaluado con la aplicación y el análisis de diversas técnicas y conocimientos de diferentes áreas de estudio. En este sentido es deseable el sentido de interdisciplinariedad entre ciencias sociales, biológicas y naturales para abordar el estudio de las formas de re-organización social en sentido amplio y en relación con el medio “natural” en el que se “edifican” y “habitan”, formas que reclama un análisis específico desde la perspectiva interdisciplinaria.

Por otra parte si consideramos que estos elementos o variables forman, a su vez, parte del objeto de estudio de muy numerosas y variadas disciplinas (demografía, geografía, agronomía, urbanismo, sociología, etc.), hemos de convenir que la ecología es, en esencia, una ciencia interdisciplinar. En su formulación actual trata de explicar cómo surgen, se mantienen y se transforman las diferentes formas de organización social a causa de los cambios en la población, la tecnología y los recursos del medio ambiente.

La interdisciplinaria entre ciencias sociales, biológicas y naturales es esencial para afrontar el estudio del hombre y de las sociedades humanas en toda su complejidad; o, al menos, en la medida que ésta nos resulte abarcable.

La existencia de nuevos campos de análisis y estudios interdisciplinarios que enmarcan conceptualmente el uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el conjunto de software que componen el campo de la Geoinformática junto con los conocimientos aportados de otras disciplinas, dan como resultado un impacto multifacético de estas tecnologías (Buzai, 2005: 8).

La Agro-Informática es un campo interdisciplinario de conocimientos que integra áreas de la computación, la agricultura, la geografía y la informática. Todo ello en un enfoque especializado de las tecnologías de la información y la geomática hacia aplicaciones relacionadas con el análisis, estudio, mejoramiento y modernización de la agricultura.

El acelerado avance de la tecnología geoespacial, particularmente de los Sistemas de Información Geográfica (SIGs), Percepción Remota (PR) y análisis de imágenes; en conjunto permiten realizar una serie de aplicaciones computarizadas que nos ayudan en el estudio de diversos problemas de índole socio-territoriales relacionados con el cambio de uso del suelo.

Diversas prácticas científicas se nutren a partir de la posibilidad concreta de incorporar visiones espaciales de la realidad, que se suman a cada perspectiva de abordaje particular, a partir de desarrollos teóricos y metodológicos incorporados en las Tecnologías de la Información

Geográfica (TIG), donde los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) ocupan un papel de gran importancia.

Debido a estas prácticas y a las diversas características físicas espaciales en el Municipio de Atlixco es evidente la necesidad de recurrir a las tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIGs) y Percepción Remota (PR) enfocados al estudio de los cambios en el uso del suelo mediante la incorporación de técnicas, instrumentos de cómputo modernos y equipos de percepción remota, así como la incorporación de versiones recientes de SIGs y procesadores de imágenes de satélite, herramientas indispensables para aplicar la PR en forma eficiente y oportuna (Soria *et al.*, 1998: 93).

Las Ciencias Sociales integradas espacialmente con una perspectiva interdisciplinaria (Geomática, Geografía, Ecología y Agroecología), refuerzan el papel que actualmente cumple el espacio geográfico en numerosas disciplinas sociales que reconocen la importancia del componente espacial, principalmente en cuanto a la sistematización de nuevas metodologías de análisis local y regional de patrones espaciales.

La investigación del cambio de uso del suelo en el Municipio de Atlixco se apoya y utiliza el conocimiento de varias disciplinas, por tal motivo se tomó la decisión de incluir el enfoque de la Teoría General de Sistemas como punto de partida, debido a la complejidad en el desarrollo del tema y a la necesidad de métodos transversales de análisis para una realidad tan compleja como en la que vivimos (Bertalanffy, 2006:25).

La Teoría General de Sistemas trata de ver el conjunto antes que las partes-síntesis-, sus interrelaciones antes que el análisis de cada elemento y trata de reconocer los objetivos del sistema. Se estudian los sistemas en su interacción con el medio, sobre la base de un comportamiento aleatorio cuando el sistema no es predecible, además de que abarca un campo de acción muy amplio, incluyendo sistemas naturales, técnicos, sociales y de toda otra índole.

Actualmente, los estudios sobre el cambio de uso del suelo han madurado en diferentes aspectos desde los teóricos, metodológicos a los instrumentales. Además, la investigación

interdisciplinaria está ganando más importancia en este campo. Para abordar ésta investigación fue necesario considerar diversos temas para comprender los cambios en el uso del suelo, que permitieran discutir las actuales políticas institucionales y actividades productivas.

Con respecto a la temporalidad de la investigación, se hace énfasis en el cambio de uso del suelo de agrícola a urbano en el periodo de 1977 al 2000. Periodo, donde las políticas y programas de subsidios y apoyos gubernamentales empiezan a reflejarse a nivel nacional.

Las partes del presente estudio comprenden en el primer capítulo su importancia y propósito. En el segundo se aborda el marco teórico incluyendo diversas teorías en las que se apoyó la elaboración de esta tesis, como son la Teoría de Sistemas, el concepto de sistema, los sistemas ambientales, sistemas y modelos, la ecología humana, la ecología urbana, la ecología agrícola, el agroecosistema, la ecología de sistemas, el cambio de la cobertura y del uso del suelo, los estudios sobre cambio de uso del suelo, los Sistemas de Información Geográfica (SIGs), el ordenamiento territorial, la política de ordenamiento territorial en México y las propuestas de ordenamiento del territorio del municipio de Atlixco entre otros.

Finalmente, la definición de conceptos acordes al presente trabajo y al enfoque del estudio. En el tercer capítulo se aborda el planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis general e hipótesis específicas. En el cuarto capítulo se aborda el proceso metodológico empleado, así como el método de análisis y colecta de la información. En el quinto capítulo se presenta la descripción y ubicación del área de estudio y los elementos que son considerados en la bioregión como: el relieve, los suelos, el clima, la vegetación, su hidrografía y el medio económico de la región de Atlixco, Puebla. En el sexto capítulo se presentan los resultados obtenidos. En el séptimo capítulo se presenta la discusión de los resultados obtenidos, abordados de acuerdo al planteamiento de los objetivos. En el octavo capítulo se presentan las conclusiones, así como el alcance de los objetivos planteados. Es decir, lo correspondiente al cambio de uso del suelo a lo largo de treinta años utilizando diversos métodos y metodologías para el análisis de la información. En el noveno capítulo, finalmente, se elabora una propuesta de estrategia que permita a los productores de la región aminorar los cambios en el uso del suelo y seguir conservando sus tierras.

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

El motivo fundamental de este apartado es conocer y reflexionar sobre los conceptos básicos relacionados con la problemática objeto de estudio. La teoría es una forma particular de ordenar el pensamiento para entender la realidad que nos rodea (Ramírez, 2003). Así mismo, es un instrumento que ayuda a la comprensión de muchos fenómenos presentes en el mundo y que se nutre de la práctica (García y Flores, 2005).

El uso de enfoques teóricos y metodológicos es clave para comprender ésta investigación. En este contexto la clave de nuestro fundamento teórico es el *proceso de transformación en el cambio de uso de suelo* y su influencia en el territorio. Se parte de la transformación que han hecho los seres humanos a los hábitats naturales como causa principal de pérdida de diversidad biológica, ecológica y alteraciones del ciclo hidrológico desde el punto de vista holístico.

2.1 Teoría de sistemas

El concepto de sistemas dentro las ciencias de acuerdo a Becht (1974), indica que éste se introdujo en las ciencias físicas antes que en otras ciencias. En biología, el concepto lo introduce Smuts en 1926 bajo la idea de “holism”.

Entre 1930 y 1970, Bertalanffy (2006) desarrolló su Teoría General de Sistemas. Aunque ésta tiene su base en la biología, se ha nutrido de varias disciplinas, por ejemplo, la Teoría Cibernética (estudios de retroalimentación) de Wiener en 1949 y la teoría de información de Shannon y Weaver descritas en 1949, entre otras.

2.2 El concepto de sistema

La palabra “sistema” puede ser muy familiar e incluso nosotros mismos estamos implicados en algún tipo de sistema tal vez dentro de un sistema educativo, sistema político, sistema de transporte público o privado, etc. Entonces ¿qué significa la palabra sistema? y ¿por qué es usado para referirse a cosas diferentes?. Desde luego, al hablar de sistema nos referimos a un conjunto

de cosas, componentes u objetos que tienen una relación entre ellos. Por ejemplo, el sistema digestivo, el sistema social, y el sistema económico por mencionar algunos. Esto nos lleva a comprender que un sistema es más que un sustantivo colectivo, que permite entender que los objetos están organizados de alguna manera y que existen conexiones entre las unidades (White *et al.*, 1995).

En su forma más simple posible un sistema se entiende como un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo y que tienen un objetivo (Becht 1974; White *et al.*, 1995). Todo sistema tiene una estructura relacionada con el arreglo de los componentes que los forman y tiene una función relacionada de “cómo actúa” el sistema.

Un sistema implica complejidad e interdependencia. Para Hart (1985) los sistemas son un conjunto de elementos dinámicamente relacionados, abiertos, organizados con entradas y salidas entre sus componentes. Por su parte, Bertalanffy (2006: 60), los define como un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas; que no sólo es un simple compuesto de elementos independientes, sino un todo inseparable y coherente.

Los elementos que lo conforman son: sus componentes (materia prima), la interacción entre componentes (proporcionan las características de estructura a la unidad), las entradas y las salidas. Sus límites son: el tipo de interacción entre sus componentes y el nivel de control sobre las entradas y salidas (Becht 1974: 10). Por su parte, su estructura depende de las características relacionadas con los componentes del sistema, es decir, con el número de componentes, tipo de componente e interacción entre componentes (Bech, 1974).

En ciencias sociales, el concepto de sistema se utiliza para comprender las relaciones entre la sociedad-ambiente. Al respecto, Talcott Parsons (1966) en la “estructura de la acción social”, aplica y usa conceptos de sistemas para explicar que las sociedades y los organismos biológicos se pueden entender como un todo. Pensaba que la sociedad tiende hacia la autorregulación y a la autosuficiencia satisfaciendo determinadas necesidades básicas, entre las que se incluyen el abastecimiento de bienes y servicios.

2.3 Los sistemas ambientales

Todos los sistemas tienen ciertas características en común (de los cuales la organización, la generalización y la integración son quizás las más importantes). Particularmente los sistemas termodinámicos, son sistemas de energía que se caracterizan por el intercambio de energía entre ese sistema y sus alrededores. De acuerdo a White *et al.*, (1995), menciona que estos sistemas abiertos son dinámicos y funcionan de acuerdo con las leyes de la termodinámica. Y se caracterizan por la entrada continua, el rendimiento y la producción de materia y energía.

El mantenimiento de alguna organización estructural frente a estos rendimientos, es una característica fundamental de todos los sistemas abiertos del medio ambiente. Como ejemplo, podemos mencionar los organismos vivos (incluyéndonos), los cuales logran mantener una organización estructural y funcional extremadamente compleja de su cuerpo ante la presencia de cualquier efecto en el medio. De la misma manera logran regular materiales y energía. En otras palabras, estos sistemas deben mantener un estado más o menos estable, definido en términos de sus elementos, atributos y relaciones a través del tiempo. El reconocimiento de que los sistemas abiertos mantienen un estado estable significa que debe poseer la capacidad de autorregulación.

La autorregulación en los sistemas ambientales se efectúa por mecanismos de retroalimentación negativa o llamados en las ciencias biológicas mecanismos homeostáticos. Estos son capaces de moderar los cambios y como tal, son los mecanismos de control. El número, tipo y grado de sofisticación de los mecanismos de retroalimentación negativa en los sistemas ambientales varían considerablemente. En sistemas vivos la autorregulación tiene que ser precisa; la temperatura de su cuerpo por ejemplo, es regulada por una serie de mecanismos de retroalimentación entre sí, que le permite fluctuar en un amplio rango. Sin embargo, si no existe el control y la capacidad del organismo para autorregularse, entonces, el organismo deja de funcionar conllevando a la degeneración del mismo. En efecto, una de las propiedades más importante de los sistemas naturales, es la tendencia a evolucionar o desarrollar. Estos cambios acumulativos son llamados mecanismos de retroalimentación positiva u homeorréticos. Entre los cuales podemos mencionar el crecimiento de los organismos a través del tiempo (White *et al.*, 1995).

2.4 Sistemas y modelos

El deseo de simplificar la complejidad del mundo real implica la realización de modelos del mismo sistema (Saravia, 1983:73; White *et al.*, 1995). El modelo de un sistema debe incorporar las relaciones entre sus elementos y los estados del sistema. De esta manera, para comprender el funcionamiento de los sistemas, necesitamos modelos dinámicos que sean capaces de identificar los procesos y sus efectos en el sistema. Esto es particularmente si el modelo se utiliza para predecir el comportamiento del sistema, por ejemplo, un modelo de cuenca de drenaje para predecir riesgo de inundación.

El criterio más importante para evaluar la validez de un modelo es su capacidad para predecir el comportamiento del sistema. En este contexto, sólo los modelos dinámicos que tienen poder de predicción (White *et al.*, 1995). En la modelación de sistemas abiertos se presta mayor atención a los flujos y componentes relacionados con los procesos de *feedback* y a la presencia de fuerzas externas en los sistemas modelados. (Moran, 1993). En los estudios de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal, la utilización de modelos permite interpretar y predecir las posibles perturbaciones a nivel local o regional (Velázquez *et al.*, 2002).

2.5 Ecología humana

La ecología se concibe como el estudio de la interacción de poblaciones de distintas especies biológicas: plantas, animales y el medio físico (Sutton y Harmon, 1987:25). La ecología humana representa un enfoque interdisciplinario sobre las relaciones entre una población humana y su ambiente físico, político y socioeconómico (Morán, 1993).

Esta relación hombre-ambiente es medida por la cultura, por las experiencias acumuladas por cualquier población a lo largo de generaciones y por los valores sociales y políticos que la sociedad impuso a tales reacciones; no sólo debe contextualizar al hombre en su ambiente físico y en su historia sino también en su percepción para explicar la complejidad de las interrelaciones humanas (Morán, 1993).

La ecología humana, está centrada en el estudio de la interacción del ser humano con su medio biofísico y los efectos producidos en esta relación. Aunque la ecología cultural puede considerarse como un matiz de la ecología humana. En este sentido, los ecólogos humanos pueden comprender como las diferentes adaptaciones forman parte de diferentes culturas (McClund, 1979).

Algunas de las escuelas de pensamiento antropológico han ofrecido propuestas teóricas para acercarse al tipo de vínculos que existen entre la sociedad y el ambiente natural en que se desenvuelven. Autores como Steward (1936) y Morán (1990) han abordado la complejidad de las relaciones entre sociedad y ambiente, con la finalidad de encontrar explicaciones a la manera en que las sociedades se organizan. De esta manera, Steward (1936) fundador de la ecología cultural propone tres niveles de análisis metodológicos:

1. Interrelaciones de tecnología productiva con el medio físico
2. Patrones de comportamiento para explorar un área o recurso específico
3. El grado en que se relacionan los patrones de comportamiento con el uso de recursos impactan otros aspectos de la cultura

Esta propuesta enfatiza “la importancia de tomar en cuenta un mayor número de elementos para poder explicar la complejidad de las interrelaciones humanas”. Y ha permitido desarrollar investigaciones antropológicas sobre las relaciones sociedad-naturaleza, tal es el caso de los rituales entre los Tsembaga reportados por Rappaport (1987). Por otra parte, Emilio Morán (1993) en su libro *La ecología humana de los pueblos de la Amazonia*, destaca que la relación hombre-ambiente es compleja y que para abordarla es necesario el acopio de datos significativos en distintos ámbitos, así como un esfuerzo consistente por rehuir las explicaciones mono causales. En este documento Morán utiliza conceptos como adaptación, adaptación irreversible y aclimatación.

Las interacciones hombre-ambiente pueden verse como una interrelación coevolutiva en la cual los dos lados producen cambios uno en el otro continuamente por medio de una retroalimentación mutua. (Berkes y Folke, 1993). "La coevolución es un proceso local" afirma

Norgaard (1987:66-70) "específico al conocimiento cultural, la tecnología y la organización social locales."

Algunos estudios han analizado el impacto de las actividades humanas sobre el ecosistema. Otros han abordado las interdependencias de los sistemas sociales y ecológicos, de tal manera que logran explicar y analizar esta interrelación (Moran *et al.*, 2005). El estudio sobre la dinámica de las interacciones hombre-medio ambiente reportado por Morán *et al.*, (2005) refleja las formas en las que las poblaciones se adaptan y cambian su entorno biofísico, social y cultural como consecuencia del cambio de uso de suelo y los procesos que afectan el uso de la tierra.

La ecología humana debe tener presente la relación entre individuo y sociedad, entre individuo y medio ambiente, entre procesos a nivel local, regional, nacional. En su desarrollo deben considerarse no sólo los procesos materiales sino también valores simbólicos, sistemas morales formas de racionalidad provenientes de la lingüística y la historia cultural (Moran, 1993).

2.6 Ecología urbana

Desde finales del siglo XIX los geógrafos se ocuparon de investigar las relaciones que existen entre el hombre y su medio natural, analizando la adaptación de la sociedad a su medio ambiente y cómo éste había sido modificado por aquella. La ciudad había sido vista como hecho histórico y los geógrafos se interesaban sobre todo por explicar la morfología urbana a lo largo del devenir histórico de la ciudad. En 1920 y 1930, estos fenómenos fueron estudiados por urbanistas y sociólogos americanos congregados en torno a la ciudad de Chicago, llegando a constituir una rama de la sociología urbana que se ha llamado ecología urbana (Shunt, 1993).

La ecología urbana es un campo interdisciplinario que trata de comprender cómo los procesos humanos y ecológicos pueden coexistir en los sistemas dominados por el hombre. En ésta convergen diversas disciplinas incluyendo la sociología, la geografía, la planificación urbana, la arquitectura de paisaje, la ingeniería, la economía, la antropología, la climatología, la salud pública, la ecología y derecho (Marzluff *et al.*, 2008). Se está convirtiendo en un campo

importante para vincular las diversas disciplinas que intervienen en la investigación sobre el cambio del paisaje como resultado del desarrollo urbano (Alberti *et al.*, 2000 Alberti, 2008).

El enfoque de la ecología urbana estudia las estructuras y las funciones ecológicas de los hábitats o de los organismos dentro de las ciudades (Pickett *et al.*, 2001:101). Para la ecología urbana, la ciudad debe ser entendida como un "ecosistema" en el que tienen lugar múltiples interacciones de los habitantes con el ambiente físico, social, económico, institucional y cultural.

Alberti (2008) se refiere a la ecología urbana como el estudio de la coevolución de los sistemas socioambientales. Y su reto es entender cómo evolucionan regiones en proceso de urbanización a través de las complejas interacciones entre los seres humanos y los procesos ecológicos.

Por su parte, Rueda (1999) la denomina como la adopción de pautas, normas y reglas jurídicas, económicas, organizativas y técnicas, para explicar las transformaciones y adaptaciones de la ciudad y la sociedad. Su estudio se concentra en el análisis de la estructura urbana, la cuantificación de los flujos de materia y energía que interrelacionan la ciudad con su entorno y permiten su continuidad, el estudio de los impactos producidos por las distintas actividades humanas sobre el ambiente y la búsqueda de criterios multifacéticos para la gestión de las ciudades.

Diversos enfoques y métodos han contribuido a la ecología urbana, entre los cuales destaca el desarrollado por Montenegro (2000), quien habla de la ecología urbana como sistemas consumidores (homologando al término de consumidor de la ecología tradicional, que consume energía producida por los productores, en general la vegetación). Mientras que Bettini (1998), asemeja a la ecología urbana como las nociones de funcionamiento, metabolismo o flujo energético.

Otra propuesta de la ecología urbana es la que hace Di pace (1993), al considerar a la ciudad como un "ecosistema". En este sentido, el concepto de ecosistema aplicado a la ciudad permite acceder a un enfoque globalizador que facilita pensar la estructura de una ciudad –y

fundamentalmente a pensar su funcionamiento-, a través de procesos eco sistémicos que involucran distintos aspectos relacionados con el intercambio de materia y el flujo de energía.

Es notable la influencia de los ecosistemas y del enfoque sistémico en los estudios de ecología urbana, y bajo este contexto García (2006), analiza a la ciudad como un sistema complejo que funciona como una totalidad organizada, en la cual están involucrados el medio físico-biológico, la producción, la tecnología, la organización social y la economía. Alberti (2008), señala que las ciudades son el resultado de procesos humanos y ecológicos que ocurren simultáneamente en el tiempo y en el espacio y el legado de los procesos simultáneos del pasado.

De acuerdo con Iracheta (1997:45) la corriente de la Ecología urbana ha sido fundamental en la formulación de las políticas de desarrollo metropolitano, que ha permitido la oportunidad de acceder a un pensamiento más integrado y crítico sobre la urbanización capitalista y sus consecuencias socio-espaciales.

2.7 Ecología agrícola

A fines de 1920 hubo un intento de combinar agronomía con ecología, dando origen a la “ecología de cultivos”. Esta disciplina se enfocó al estudio las condiciones físico-ambientales, para determinar los mejores sitios de cultivo. En los años 30, se propuso el término de agro ecología, para indicar la aplicación de ecología a la agricultura. Sin embargo, debido a que la ecología se desarrolló enfocada a sistemas naturales, los ecólogos se alejaron de la ecología de cultivos, dejándola a los agrónomos. Así, el término de agro ecología aparentemente se olvidó. Después de la Segunda Guerra Mundial, la ecología continuó su desarrollo, mientras que la agronomía empezó a tener éxito ante la creciente mecanización y uso de agroquímicos. Así, la ecología y la agronomía siguieron su propio desarrollo (Gliessman, 2002).

Por su parte, a finales de 1950 la consolidación del concepto ecosistema atrajo el interés en la Ecología de Cultivos, esta vez bajo la forma de “**Ecología Agrícola**”. El concepto de ecosistema propició un marco de referencia para examinar a la agricultura bajo una perspectiva ecológica. Sin embargo, pocos investigadores se interesaron en esta disciplina. En 1960 y 1970, el interés

en la aplicación de la ecología a la agricultura se intensificó, de esta manera los sistemas agrícolas eran considerados importantes áreas de estudio y que más agrónomos aceptaron el valor del enfoque ecológico (Gliessman, 2002).

El análisis ecológico de los sistemas agrícolas es muy reciente. Montenegro (2001:297) quien nombra indistintamente a la Ecología agrícola y agroecología, la define como el estudio y manejo de recursos naturales de interés socioeconómico y la gestión de ambientes productivos.

Altieri (1987) señala que gran parte del desarrollo inicial de la agricultura ecológica en las ciencias formales le pertenece a Klages (1942), quien sugirió que se tomaran en cuenta los factores fisiológicos y agronómicos que influían en la distribución y adaptación de especies específicas de cultivos, para comprender las relaciones complejas entre una planta de cultivo y su medio ambiente. Años más tarde, Klages (1942) define e incluye factores históricos, tecnológicos y socioeconómicos que influían sobre los cultivos que podía cultivarse en una región determinada.

La ecología agrícola fue más desarrollada en los setenta por Tischler (1965) incorporando a la agronomía una base ecológica a la adaptación ambiental de los cultivos. Es este periodo donde se desarrollan diversas investigaciones agronómicas con enfoque agroecológico. A finales de la década del 70 y a comienzos de la del 80 un componente social cada vez mayor comenzó a aparecer en la literatura agrícola con los estudios de Gliessman (1981).

2.8 Agroecosistema

En un gran número de regiones rurales de México, los campesinos han construido una compleja y estrecha relación con su medio natural. Para estas comunidades la integración hombre-medio ha sido la base para su desarrollo biológico, económico, social y cultural durante siglos. Lo cual ha permitido el desarrollo de sistemas complejos de conocimiento informal y de valores, que les han permitido usar y mantener hasta la actualidad una gran diversidad de recursos naturales que definen la identidad sociocultural y espiritual de dichas comunidades (Gliessman, 2002:271).

Para estudiar la complejidad de estos sistemas se ha utilizado el concepto de agroecosistema como un modelo que de acuerdo al enfoque agroecológico, nos permite tomar como unidad de análisis esa articulación que existe entre seres humanos y ecosistema (Martínez, 2006:9). El concepto agroecosistema se explica entonces como una construcción social, la cuál es producto de la coevolución de los seres humanos con la naturaleza; en la que un ecosistema es artificializado y transformado por el hombre mediante procesos para obtener productos y satisfactores (Norgaard y Sikor, 1995:69). Cuando el hombre actúa sobre los ecosistemas naturales alterándolos completamente y volviéndolos artificiales en función de la producción de diferentes cultivos lo podemos denominar agroecosistema.

Los procesos de transformación de los ecosistemas naturales, conllevan a una serie de cambios en estructura y función (Berkes *et al.*, 1998:16). De esta manera, los ecosistemas transformados o culturales pueden llegar a ser sistemas intrínsecamente inestables, ya que la energía externa (como energía humana, animal o fósil), necesaria para su mantenimiento puede romper importantes ciclos ecológicos. Para Odum (1984), la principal diferencia entre “ecosistemas naturales” y los manipulados por el ser humano, es que los primeros tienen capacidad de automantenimiento, autoreparación y autoreproducción. Aunado a estas características, Gliessman (2002:24), menciona que cuando todos los componentes del sistema están organizados es posible reconocer cuatro *propiedades del sistema o emergentes* siendo: 1) flujo de energía, 2) reciclaje de nutrientes, 3) mecanismos de regulación de poblaciones y 4) equilibrio dinámico. Estas propiedades han servido como indicadores de la sostenibilidad del sistema.

En muchas partes del planeta los agroecosistemas fueron sistemáticamente reorganizados para intensificar la producción de alimentos y con ella la acumulación individual de la riqueza. Así mismo, forzados a producir no los requerimientos del consumo familiar, históricamente adaptados a sus características, sino los del mercado. Se aceleró, entonces, el proceso de especialización productiva (González de Molina, 1992). Así, con base a su sistema de producción Odum y Barrett (2006:33), hacen una división general de los agroecosistemas en: Agricultura preindustrial, Agricultura convencional o industrial (agricultura mecanizada y subsidiada con combustible) y Agricultura alternativa (agricultura sustentable de menor alimentación).

2.9 Ecología de sistemas

Con el surgimiento del movimiento ecológico en la década de 1960 condujo a un rápido crecimiento de la perspectiva ecológica dentro de las ciencias humanas y biológicas y especialmente a entender el papel del hombre en los sistemas del medio ambiente. El concepto ecosistema surge para facilitar la comprensión de los procesos o flujos entre elementos vivos y no vivos.

Para Odum y Barrett (2006:18), los organismos vivos (bióticos) y su ambiente físico (abiótico) están interrelacionados de manera inseparable e interactúan unos con otros. Cualquier unidad que incluya a todos los organismos (la *comunidad biótica*) de un área dada que interacciona con su ambiente físico de manera que un flujo de energía conduce a estructuras bióticas definidas con claridad y reciclados de materiales entre componentes vivos y sin vida es un sistema ecológico o ecosistema.

La influencia de Odum y su definición de ecosistema aplicado a la antropología ha conllevado a diversos estudios como los de Rappaport (1975), Moran (1993; 2005) entre otros quienes comenzaron a profundizar en los sistemas de conocimiento y a plantear cómo están basados en concepciones complejas y diferentes sobre la naturaleza.

Considerando la visión sistémica de la relación hombre-ambiente: la estructura y función de los ecosistemas es sostenida por procesos de retroalimentación sinérgicos entre las sociedades y su ambiente. El medio físico y biológico establece las limitantes físicas básicas sobre el crecimiento y desarrollo de los subsistemas humanos. Por ejemplo, el crecimiento poblacional en un área determinada estaría limitado por la *capacidad de carga*¹ del medio ambiente. A su vez, el subsistema humano modifica activamente su ambiente físico y biológico: la *capacidad de carga* de un área puede reducirse por medio de la degradación de los sistemas que dan sustento a la

¹En términos de energética a nivel del ecosistema la **capacidad de carga**, se alcanza cuando toda la energía disponible entrante se necesita para sostener todas las estructuras y funciones básicas; esto sucede cuando *P* (*producción*) se iguala con *R* (*mantenimiento respiratorio*). En términos de individuos y poblaciones, la capacidad de carga depende no sólo de un número y biomasa, sino también del estilo de vida (es decir, del consumo de energía per cápita) (Odum y Barrett, 2006).

vida, o aumenta organizándose de forma distinta o utilizando tecnología nueva que trabaje con el ambiente. La capacidad auto organizativa y la homeostásis del ecosistema son paralelas a la habilidad autorganizativa y a la homeostásis del subsistema humano. Estas adaptaciones, a su vez, perfilan la forma en que la sociedad define y utiliza el capital natural (Berkes y Folke, 1993).

La capacidad de carga para los humanos se puede interpretar como la tasa máxima de consumo de recursos y descarga de residuos que se puede sostener indefinidamente sin desequilibrar progresivamente la integridad funcional y la productividad de los ecosistemas principales. La correspondiente población humana es una función de las relaciones entre el consumo material y la producción de residuos (Rees, 1995). Los cambios en los ecosistemas frecuentemente son causados por múltiples impulsores que trabajan en diferentes escalas de tiempo y espacio, es por ello que el estudio diacrónico² en el cambio de cobertura del territorio y del uso de suelo por ejemplo, es importante para identificar tendencias consecutivas y a través de ello, inferir su comportamiento futuro.

Cuando se alteran los servicios de los ecosistemas, su capacidad para satisfacer las necesidades humanas más básicas empieza a ser comprometida (Vitousek *et al.*, 1997). Cada cambio también compromete parcialmente la vulnerabilidad de los lugares y de las personas con el clima y con las perturbaciones económicas y sociopolíticas (Kasperson *et al.*, 1995).

Las relaciones naturales de la sociedad no son estables, están sujetas a cambios históricos en forma coevolutiva que concibe la sociedad y la naturaleza como estructuras dinámicas y autoregulativas, en donde se encuentra inmersa en el medio biofísico y cambia sus relaciones con este medio a través de sus actividades, del mismo modo que modifica algunos aspectos del medio. Los ecosistemas están sometidos no sólo a las tensiones ambientales locales, sino a vicisitudes económicas y políticas (Rappaport, 1975).

²El término diacrónico es de origen francés y se refiere al estudio, desarrollo o sucesión de hechos a través del tiempo, fue adoptado por primera vez por el lingüista Ferdinand de Saussure, creador de la díada teórica diacronía-sincronía. De ahí la retomó aproximadamente con el mismo sentido que se usa en lingüística el antropólogo Claude Lévi-Strauss, fundador de la antropología estructural introductor a las Ciencias sociales del enfoque estructuralista basado en la lingüística estructural de Saussure.

2.10 Cambio de la cobertura y del uso del suelo

Los cambios en el ambiente, multifacéticos y ampliamente distribuidos en el paisaje, incluyen tanto a las alteraciones causadas por la humanidad, como las que suceden por procesos naturales (Zimmerer & Young, 1998). A través de la historia de la humanidad, la transformación del hábitat ha dado lugar a diferentes tasas y a diferentes escalas espaciales (Dobson, 1997).

La biodiversidad también tiene lugar en muchos niveles de organización biológica, que van desde el nivel genético hasta el nivel de paisaje, y en una variedad de escalas espaciales o geográficas que abarcan rangos entre metros a miles de hectáreas (nivel local), hasta los millones de hectáreas o mayores (nivel de región) (Perlman & Adelson, 1997, y Poiani *et al.*, 2000). En la actualidad, la biodiversidad del planeta está cambiando a tasas sin precedentes como una respuesta compleja a muchos cambios inducidos por el hombre sobre el ambiente global (Sala *et al.*, 2000). Estas tasas son cientos o miles de veces mayores que los niveles existentes antes de la aparición de los humanos (Chapin III *et al.*, 1997).

De acuerdo con Sala *et al.* (2000) y Chilar & Janssen (2000), la causa más severa de los cambios en la biodiversidad global, es el cambio del uso del suelo. En los trópicos, la transformación más notable del hábitat ha ocurrido principalmente durante la segunda mitad del Siglo XX (Dobson *et al.*, 1997). Las dos tendencias ecológicas más dramáticas en el último Siglo, son los cambios inducidos por la actividad humana en la diversidad biótica, y las alteraciones a la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Chapin III *et al.*, 1997).

En los últimos años, las actividades humanas han sido reconocidas como la mayor fuerza modeladora de la biosfera e incluso son más responsables que las fuerzas naturales para los cambios actuales en los flujos y la situación de la biosfera. Los cambios en la cubierta vegetal y en el uso del suelo son el resultado de la compleja interacción entre los seres humanos y el medio ambiente. Estos cambios afectan a una amplia gama de escalas espaciales y temporales. Su comprensión y sus fuerzas sociales son vitales para la comprensión, modelización y predicción de los cambios locales, regionales y globales (López, 2007).

El estudio de las causas, los procesos y las consecuencias del cambio del uso y la cobertura del suelo han sido abordados en diversas investigaciones para comprender problemas relacionados con el cambio ambiental global (Turner II *et al.*, 1996; Lambin *et al.*, 1999). Así mismo, los estudios de suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación del suelo, deforestación, desertificación y la pérdida de biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.*, 2001).

El término “uso del suelo” se utiliza para denotar una clasificación de las actividades humanas que ocupan superficie de suelo. El uso del suelo, ya sea para agricultura, recursos forestales, recursos mineros, construcción de viviendas, industria, infraestructuras, pastoreo, etc., conlleva a impactos medioambientales sustanciales, particularmente los que afectan a la biodiversidad y a la calidad del mismo (Garraín *et al.*, 2007). El uso del suelo se refiere al resultado de las actividades socioeconómicas que se desarrollan (o desarrollaron) sobre una cobertura. Estas actividades se relacionan con la apropiación de recursos naturales para la generación de bienes y servicios (Bocco *et al.*, 2001).

Los grandes cambios del uso del suelo han sido inducidos por las sociedades humanas, y sólo una mínima parte es producto de acciones naturales, tales como huracanes, incendios y vulcanismo, entre otros (Velázquez y Bocco, 2003:175). La modificación del uso del suelo debido a las actividades humanas ha provocado una pérdida generalizada de la biodiversidad mundial, ha desencadenado procesos de degradación ambiental y ha contribuido de manera significativa al cambio climático así como al calentamiento global (Meyer y Turner 1992; Houghton, 1994). El suelo juega un papel fundamental como soporte de todos los ecosistemas terrestres, determinando su funcionamiento y productividad (Cotler, 2003: 153). Las características del uso del suelo son el resultado de la relación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos.

De acuerdo a Lambin (1997), los ecosistemas terrestres han sufrido grandes transformaciones y estos cambios se deben principalmente a: 1) la conversión de la cobertura del suelo, 2) la degradación del suelo e 3) intensificación en el uso del suelo.

a) Conversión de la cobertura del suelo

Los tipos de uso de la tierra se distinguen como la conversión de la cobertura del suelo, es decir, la sustitución completa de un tipo de cobertura por otro, y la modificación de la cubierta terrestre (Shao *et al.*, 2005; Alberti y Waddell, 2000). Estos cambios en la cobertura de suelos se dan especialmente cuando se altera y convierte un tipo específico de ecosistema, como los bosques y pastos, en una superficie para la agricultura o construcción de zonas urbanas. Estos cambios alteran los balances de energía local y la composición de las especies dominantes (Restrepo, 2005:38). La conversión de suelos, por ejemplo, con la urbanización afecta el ciclo de los nutrientes, erosión, flujo hidrológico y el escurrimiento de contaminantes.

Al respecto, Lambin (1994) reporta que los cambios de cobertura son de dominio local y se manifiestan en cambios globales y acumulativos en el ambiente humano y también contribuyen a cambios ecológicos sistemáticos como la liberación de gases.

b) Degradación de suelos:

La degradación de suelo ocurre como una respuesta a múltiples factores ambientales y económicos. Las principales actividades humanas que inducen la degradación de suelos se encuentran las actividades agropecuarias, incluyendo la deforestación, el manejo inadecuado de los recursos forestales, el sobre pastoreo y los sistemas de producción agrícola (Cotler, 2003:156).

A nivel mundial, el principal proceso de degradación de suelos está constituido por la erosión hídrica, que a su vez ésta origina problemas al menos a tres niveles: a nivel parcela o en el sitio, a nivel regional y fuera del sitio y a nivel global. Uno de los aspectos que juegan un papel preponderante en los problemas de degradación de suelos se relaciona con el impacto de las políticas públicas. En México, muchos de sus programas establecidos como son la ganaderización, la hegemonía de monocultivos con alto insumo de agroquímicos así como la

intensa deforestación han originado y acentuado muchos de los problemas de degradación de suelos (Cotler, 2003:159).

c) intensificación del uso del suelo

La intensificación del uso del suelo se encuentra asociada con sistemas agrícolas, agroforestales o de pastoreo. Un manejo intensificado puede estar basado en técnicas como la irrigación, utilización de fertilizantes, incendios, prácticas de labranza o la integración de diferentes actividades de producción. Esta intensificación afecta la composición del ecosistema, el reciclaje de nutrientes y la distribución de la materia orgánica (Ojima *et al.*, 1994).

Otros de los factores que se asocian a la intensificación del uso del suelo es el consumo excesivo de recursos naturales así como el crecimiento acelerado de la población y son una de las muestra más claras de influencia de las sociedades sobre el territorio. Estos cambios tanto en la cobertura y uso del suelo también se asocian a los procesos de urbanización.

2.11 Estudios sobre cambio de uso del suelo: una revisión

Los trabajos en los que se analiza el cambio de uso de suelo son diferentes (García *et al.*, 2005; Bocco *et al.*, 2001; López *et al.*, 2007), cada uno muestra enfoques con objetivos e intereses particulares. De los cuales si hacemos una extracción de las temáticas podemos ubicar los estudios que han sido abordados desde una perspectiva socioeconómica, política y/o ecológica. Al respecto, Isaac-Márquez *et al.* (2005) contribuyen a llenar este vacío a través de la identificación y el análisis de los principales factores que condicionan el uso actual del suelo por parte de los campesinos del oriente de Tabasco, así como las implicaciones que tienen para conservar sus recursos naturales y las estrategias productivas que a futuro se instrumenten en la región.

Por otra parte, en el estudio de Ochoa-Gaona y González-Espinoza (2000), intentan relacionar el uso del suelo y las tasas deforestación a los factores medioambientales como son el ángulo de la pendiente y el tipo de suelo, además, en dicho estudio se toman en cuenta los aspectos

económicos y sociales. Es importante mencionar que el cambio en el uso del suelo así como la deforestación son independientes del ángulo de la pendiente, tal como lo reportan Ochoa-Gaona y González-Espinoza, sin embargo, estos cambios no son independientes del tipo de suelo, es decir, las propiedades del suelo determinan en gran medida la localización y la tasa de deforestación en una región determinada. Estos procesos parecen estar relacionados con la historia del uso de la tierra, así como a los factores ambientales y socioeconómicos. Cabe mencionar, que estos cambios conllevan a la degradación de la estructura y composición de la vegetación, aunada al empobrecimiento y agotamiento de los recursos naturales.

De la misma manera, Levi (1971) en la década de los 70's en el municipio de Atlixco, menciona que las características físicas, históricas y socioeconómicas de una determinada zona están directamente relacionadas con el uso del suelo, y la variación de este último en el tiempo y en el espacio depende de varios factores (altitud, pendiente, clima, suelo, tenencia de la tierra, población, vías de comunicación, sociales y económicas). Levi hace referencia que el relieve, puede ejercer una influencia directa e indirecta sobre el uso del suelo, a través del desnivel total y de los grados de pendiente. De esta manera, la influencia directa se encuentra relacionada con: las zonas agrícolas de vegetación natural que pueden sostenerse en pendientes muy pronunciadas, las zonas industriales, las vías de comunicación, el sistema de drenaje, los escurrimientos y fenómenos como las inundaciones. En este sentido a nivel local o regional el relieve determina en gran medida el uso del suelo para diversas actividades que van desde lo agrícola, pecuario, forestal, urbano e industrial, etc.

Otras investigaciones han señalado que las acciones más importantes en el cambio de uso del suelo son las relacionadas con la deforestación y en ese sentido Pineda *et al.*, (2009) calculan los cambios, intercambios y transiciones sistemáticas que afectan la pérdida de la cobertura forestal en el Estado de México; a través de métodos de regresión multivariantes explican las causas que provocan el proceso de deforestación regional. El estudio reporta una pérdida significativa de bosque en los últimos 9 años; estos cambios los atribuyen a diversos factores, entre ellos, la población. Así como las pérdidas de vegetación, mismas que se dan en áreas boscosas más próximas a las zonas agrícolas, lo que de alguna manera confirma el fenómeno de la expansión agrícola. Lo anterior revela que la pérdida de bosque se presenta en áreas con alta fragilidad

ecológica. Pineda *et al.* (2009) sugieren que el uso de los SIGs sirven para conocer y explicar de manera holística la pérdida de la masa forestal, intentando aproximarse un poco más a la realidad geográfica de este tipo de procesos, donde la interrelación de factores físicos y humanos se presenta de manera conjunta.

Son escasas las investigaciones detalladas y actualizadas que permiten determinar los niveles actuales de la pérdida de cobertura vegetal, su expresión espacial y las variables socioeconómicas y ambientales. Algunos estudios a nivel regional han reportado el uso de diferentes técnicas y metodologías para registrar las tasas de deforestación. En este sentido, Bocco *et al.*, (2001) presentan una propuesta metodológica en el estado de Michoacán y a través de ésta, es posible analizar y comprender de manera integral los procesos de cambio de uso del suelo y cobertura del suelo a nivel regional. Dicha propuesta, a su vez permite formular una estrategia de cuantificación y explicación del cambio, misma que puede ser utilizada en casos similares. Los cambios en el uso de suelo y cobertura revelan que en un lapso de 18 años el estado ha perdido bosques templados y selvas, estos cambios indican la degradación de su recurso forestal, que sin duda repercute en una degradación ambiental intensa.

Otra importante contribución es la de Rosete *et al.* (2009), que analizan los principales procesos de cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, en particular, aquellos asociados con los cambios en el matorral xerófilo, los usos agropecuarios y el crecimiento de la mancha urbana. Cabe mencionar que a lo largo de 22 años se dan cambios en 7.7 % del territorio peninsular. Los principales procesos de cambio registrados, originados por la actividad humana, son la conversión del matorral xerófilo a áreas agrícolas (desmatorralización), la conversión de matorral xerófilo y pastizales a zonas urbanas (expansión de manchas urbanas), así como la recuperación de la vegetación en zonas agrícolas y de pastizales abandonadas. Es evidente que los procesos de desmatorralización para actividades agropecuarias y la expansión urbana influyen sobre los cambios en el uso de suelo. Además, el incremento de las zonas urbanas y la mala planeación favorece, en muchas ocasiones, el crecimiento de la mancha urbana sobre zonas no aptas para el establecimiento de viviendas (como las laderas inclinadas y los cauces de los ríos) conllevando a un deterioro del ecosistema, que sin duda es de muy difícil recuperar cuando existe una extracción intensiva de los recursos naturales.

Uno de los aspectos menos mencionado y que sin embargo, juega un papel preponderante en los problemas de cambio de uso del suelo se relaciona con el impacto de las políticas, en este sentido, Díaz *et al.* (2001) mencionan que los apoyos y subsidios al sector agropecuario otorgados en la región de Campeche son unos de los principales procesos de cambio de uso de suelo (deforestación), además señalan que acciones institucionales como la colonización, la reforma agraria, la dotación de infraestructura básica y el decreto de áreas protegidas en la región han contribuido de manera indirecta en acelerar el proceso.

Al respecto, Cotler (2003:156) menciona que rara vez se evalúa el efecto de éstas políticas, que han provocado cambios en el ambiente y capital natural. Además la prevalencia de modelos de desarrollo económico insostenibles impuestos desde hace al menos dos décadas han tenido influencia negativa en la riqueza y estabilidad de los ecosistemas naturales. Un factor igualmente trascendente es la poca importancia que los diferentes niveles de gobierno, en México, le dan al cambio y degradación del suelo.

Los estudios sobre cambio de uso del suelo son diversos y han sido abordados en diferentes regiones de México, sin embargo, no es sencillo determinar cuáles son los factores socioeconómicos que más inciden en los procesos de estos cambios, algunos estudios consideran como principal causa los aspectos demográficos (Lambin, 1997) otros señalan el avance agrícola y ganadero como factor principal de este fenómeno (Mahar y Schneider, 1994; Díaz *et al.*, 2001; García *et al.*, 2005), mientras que Reyes *et al.* (2006) consideran que las políticas gubernamentales y los programas de subsidio al campo son parte del problema. Estos cambios no sólo afectan al ecosistema sino también en las adaptaciones humanas sobre todo cuando el medio ambiente ha sido alterado o se encuentra en proceso de transformación (Morán *et al.*, 2005).

2.12 Sistemas de Información Geográfica (SIGs)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) son herramientas técnicas que junto con los sistemas de percepción remota permiten la captura, observar y monitorear los recursos naturales, así como el almacenamiento y análisis de los resultados de estas observaciones (Bocco, 1998). Bocco *et al.* (1991) definen a un SIG como un conjunto de programas de computación que permite el acopio, manipulación y transformación de datos espaciales (mapas, imágenes de satélite) y no espaciales (atributos) provenientes de varias fuentes, temporal y espacialmente diferentes.

Se han dado diversas definiciones de SIGs. La primera referencia al término SIG es propuesta por Tomlinson (1967) referida a una aplicación informática cuyo objetivo era desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada. Se trataba del Sistema de Información Geográfica de Canadá (CGIS).

Por su parte, Berry (1996) años más tarde definió un SIGs como un sistema informático diseñado para el manejo, análisis y cartografía de información espacial. Mientras que Burrough y Mcdonell en 1998, amplían el concepto a un sistema de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar, y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos. Para 1990 el *National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA) de USA, los define como Sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión. Estas definiciones no sólo son consecutivas en el tiempo, sino que además cada una supone un mayor nivel de complejidad sobre la anterior.

Así los SIG son herramientas para crear y manipular datos geográficos. Estos datos pueden ser abióticos (rocas, formas del relieve y suelo); bióticos (flora y fauna); socioeconómicos (capital demográfico, producción, circulación y consumo de bienes); y culturales (cosmovisión comunitaria, toponimia, etnoconocimientos). Gran parte de estos datos existen en formato analógico o digital (mapas censos, encuestas) y otros son creados por la comunidad, donde

generalmente se recurre a técnicas de interpretación de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite (Bocco, 1998).

Rosete y Bocco (2003) reconocen cuatro elementos de los cuales están integrados los SIG: 1) el módulo de entrada de datos (selección y captura); 2) el módulo de manejo de datos (almacenamiento, recuperación, base de datos geográficos); 3) el módulo de análisis de datos (modelamiento, reglas o normas de análisis, monitoreo); y 4) el módulo de salida de la información (productos generados, intermedios o finales).

Los SIG son importantes porque integran información espacial y no espacial en un sistema simple, ofreciendo un marco consistente para el análisis de los datos geográficos. Su objetivo general, es generar información válida para la toma de decisiones. Mientras que sus objetivos específicos, son manejar bases de datos grandes y heterogéneas referenciadas geográficamente, interrogar a las bases de datos sobre la existencia de ciertos fenómenos (qué sucede, en dónde y cuándo), permitir la interacción en forma flexible del sistema y el intérprete, incrementar el conocimiento sobre el fenómeno estudiado e implementar modelos sobre su comportamiento (Rosete y Bocco, 2003).

Para estudiar y caracterizar los recursos naturales así como los procesos socioambientales que ocurren en un territorio específico se requiere conocer los aspectos en lo espacial y temporal. Para ello es necesario utilizar el dato geográfico, es decir, un descriptor del objeto en el espacio y tiempo. Estos datos geográficos pueden ser de índole biofísica (ecogeográfica) como socioeconómica y cultural. De esta manera, los datos geográficos permiten describir en forma integral los recursos naturales de una comunidad, sus usuarios y el resultado de este aprovechamiento. Además los datos geográficos expresan en forma computarizada, la relación que en toda comunidad existe entre la oferta ambiental así como la demanda social en un tiempo y espacio determinado (Bocco, 1998).

La inclusión de información espacial y temática permite llevar a cabo consultas de diversos tipos, desde las más simples a las más complejas, así como ejecutar modelos cartográficos o dinámicos. La mayor utilidad de un sistema de información geográfico está relacionada con la

capacidad que posee de construir modelos de simulación o representaciones del mundo real para analizar fenómenos específicos a partir de bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos y herramientas específicas que generan aún más información para dicho análisis.

Los modelos de simulación espacial de cambio de uso del suelo se han transformado en una poderosa herramienta de análisis espacial orientada, principalmente, a los siguientes aspectos: (a) Explorar los variados mecanismos que fuerzan los cambios de uso del suelo y las variables sociales, económicas y espaciales que conducen a esto; (b) Proyectar los potenciales impactos ambientales y socioeconómicos derivados de los cambios en el uso del suelo, y; (c) Evaluar la influencia de alternativas políticas y regímenes de manejo sobre los patrones de desarrollo y uso del suelo (Aguayo, 2006).

Los modelos de simulación espacial de cambio de uso del suelo usan parámetros simples, incluyendo la extensión de las actuales áreas urbanas, las principales vías de transporte, la distancia a los mercados de trabajo, bienes e insumos, las condiciones topográficas y la existencia de tierras en situación especial (áreas protegidas). El esfuerzo principal de la modelación, es la identificación de los factores físicos y socioeconómicos que determinan o condicionan la presión sobre el cambio de uso del suelo en un territorio determinado.

Dos aproximaciones prevalecen en la modelación de patrones espaciales de los cambios de uso del suelo: (a) Modelos basados en regresión; y (b) Modelos en base a transición espacial. Los primeros establecen relaciones entre un amplio rango de variables predictivas y las probabilidades de cambio de uso del suelo.

La influencia de estos factores locales sobre el cambio de uso es tradicionalmente modelada con la función de decaimiento de distancia, donde la influencia decrece con el incremento de esta medida (Theobald y Hobbs, 1998; Weng, 2002). Generalmente, en la modelación en base a regresión se han usado aproximaciones lineales, no lineales, vinculadas a redes neuronales, y modelos aditivos generalizados (Pijanowsk, 2005: 197-215.).

2.13 Ordenamiento territorial

La noción de ordenamiento territorial (OT) aún se encuentra en evolución en cuanto a sus objetivos, alcances y métodos, de ahí que no exista un criterio unificado en relación con su conceptualización. Los primeros planes de ordenamiento territorial a escalas inferiores al nivel nacional, se elaboraron en Europa en el decenio de 1930, a consecuencia de los efectos económicos de la Gran Depresión en países como Alemania y Suiza, en tanto que los primeros planes nacionales de OT datan de los años 1950s cuando se inició la reconstrucción económica de los amplios territorios devastados por la Segunda Guerra Mundial. En el decenio siguiente, que coincide con la época dorada del desarrollo de estas políticas, se decretaron las primeras leyes orgánicas de OT a nivel nacional y el proceso se consolidó en los años 1980s, cuando la Conferencia de Ministros Responsables de Política Regional y Ordenación del Territorio elaboró la Carta Europea de Ordenación del Territorio, en que se señalan como objetivos fundamentales del ordenamiento el desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida de la población, la gestión responsable de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, y la utilización racional del territorio (Massiris, 2006; CEMAT, 1983).

Por su parte, en Latinoamérica, la primera ley orgánica de OT se promulgó en Venezuela al final del decenio de 1980, en tanto que el resto de los países de la región, adoptaron políticas de ordenamiento territorial a partir de 1990, con el objetivo de abordar en forma paralela los problemas del desarrollo y los del medio ambiente a través de un esfuerzo global (Massiris, 2006).

Si bien como antes se señalaba, la noción de ordenamiento territorial ha transitado por diversos enfoques a lo largo de su proceso evolutivo, la mayor parte de los autores están de acuerdo sobre sus características y cualidades distintivas:

a) Es una política emanada directamente del Estado, con la intención de modificar el orden territorial existente, para lo cual necesita partir de una base jurídica, conformada por leyes, instituciones e instrumentos.

b) Es un proceso y estrategia de planeación territorial integral. Como proceso y estrategia, el ordenamiento territorial transita por cuatro momentos: el primero es de naturaleza política, y corresponde a la decisión o intención poner en marcha el proceso de ordenamiento; el segundo es de carácter científico-técnico, y corresponde a la elaboración del estudio de análisis territorial (fases de caracterización y diagnóstico); el tercero es de orden político y consiste propiamente en la etapa de planificación territorial, a partir de un análisis de prospectiva o diseño de escenarios y de la formulación del programa de ordenamiento territorial. Por último el cuarto momento es de orden administrativo y coincide con la fase de gestión territorial (implementación, evaluación periódica y seguimiento del programa de ordenamiento territorial).

c) Es un proceso concertado, lo cual significa que en el diseño de la imagen objetivo y el modelo territorial a alcanzar, se deben considerar las expectativas, aspiraciones y la participación activa de los diversos agentes sociales y económicos involucrados con el uso, aprovechamiento, ocupación y gestión del territorio en cuestión.

d) Tiene un enfoque prospectivo concebido a corto, mediano y largo plazo, lo que lo convierte en un proceso dinámico y continuo, flexible y de carácter permanente, sujeto a un seguimiento y a una evaluación periódica para garantizar su cumplimiento.

e) El ordenamiento territorial persigue una triple finalidad (Palacio-Prieto y Sánchez-Salazar, 2004):

- La utilización sustentable de los recursos naturales y el uso y la ocupación del territorio con base en su aptitud.
- La reducción de los desequilibrios socioeconómicos regionales.
- La integración funcional óptima del territorio.

f) Su objetivo último es lograr el desarrollo humano óptimo, en su concepción más integral, considerando tanto el bienestar socioeconómico de la población como la calidad ambiental del entorno en que se desenvuelve.

En virtud de que las diversas políticas sectoriales –sociales, económicas, ambientales- tienen su expresión final sobre el territorio, la política de ordenamiento tiene como objetivo diseñar un modelo de desarrollo territorial integral, y el fundamento de esta concepción es que el proceso de ordenamiento debe reflejar, en sí mismo, la naturaleza compleja del espacio, ya que éste no es simplemente el escenario pasivo en donde ocurren o se ubican los hechos y fenómenos de la naturaleza y la sociedad, sino que constituye un sistema complejo, integrado y dinámico de diversos componentes o subsistemas –natural, social, económico, urbano-regional y político-, que interactúan a distintas escalas y a través del tiempo, con lo cual el territorio se convierte en un sujeto activo (Sánchez; 2004:3).

De esta forma, el ordenamiento territorial constituye un proceso complejo, de carácter multi- e interdisciplinario, y de síntesis, pues una vez que se logra comprender la dinámica de transformación de un territorio dado a partir del análisis de su estructura, organización y funcionamiento a través de las múltiples y complejas relaciones entre sus componentes, se puede sintetizar su problemática, y por tanto, incidir de manera intencional en el orden territorial existente para que éste evolucione hacia otro más equilibrado y armónico.

2.14 La política de ordenamiento territorial en México

En el devenir cotidiano, es muy común entrar en contacto con situaciones como la ocupación o la utilización “desordenada” o desequilibrada del territorio con los efectos negativos que de ello se derivan: a) la sobreexplotación o utilización de los recursos naturales renovables y no renovables con criterios alejados de la búsqueda de un desarrollo sostenible; b) el uso y aprovechamiento del territorio de manera no acorde con su aptitud o vocación natural; c) la ocupación por parte de la población y sus actividades económicas, de áreas susceptibles a peligros y desastres naturales y antrópicos; d) la deficiente o insuficiente protección del patrimonio natural y cultural; e) la afectación del entorno urbano y rural por diversos problemas ambientales cuya magnitud trasciende el ámbito nacional y ha llegado a niveles que involucran a todo el planeta; y f) los procesos migratorios y de gran concentración urbana a ritmos que superan la capacidad de los gobiernos locales para dotar a la población del equipamiento y la infraestructura suficiente. Fenómeno que se da en todas las escalas territoriales: a nivel macro o mesorregional, al interior

de las entidades federativas, a nivel microrregional y al interior de todas y cada una de las localidades.

Es innegable el peso que tiene la economía sobre la estructura y organización de los territorios. En el comportamiento diferenciado de la economía, a nivel sectorial y espacial, está el origen de los movimientos migratorios y la intensidad de éstos, del crecimiento urbano y metropolitano, del abandono de áreas rurales, del aumento de la vulnerabilidad ambiental, del deterioro de los recursos naturales, de la ocupación de terrenos inadecuados por la población, etcétera.

La política de OT en México iniciada a fines del decenio de 1990 tiene como antecedentes más recientes a la Ley General de Asentamientos Humanos, promulgada en 1976, y modificada posteriormente en 1981 y 1983, en donde se menciona por primera vez en México a la ordenación del territorio en relación con los asentamientos humanos, y se define como el “...proceso de distribución equilibrada y sustentable de la población y de las actividades económicas en el territorio nacional, tendiente a mejorar el nivel y calidad de vida de la población urbana y rural...” (D.O.F., 26 de mayo de 1976). En el marco de esta ley se instituyen los llamados “ecoplanes”, en los que se buscaba integrar la planeación ambiental al desarrollo urbano-regional.

Posteriormente, en 1983 se expide la Ley General de Planeación, con el objetivo de programar el desarrollo nacional y coordinar las acciones sectoriales y territoriales de las diversas entidades del gobierno federal en dicho desarrollo. En 1982 se promulga la Ley Federal de Protección al Ambiente, en la cual se menciona por vez primera el concepto de ordenamiento ecológico. Finalmente, en 1988 entra en vigor la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual fue reformada en 1996, y define al ordenamiento ecológico como “...el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales...” (D.O.F., 28 de enero de 1988).

Al final de la administración del presidente Ernesto Zedillo, en los años 1999 y 2000, por iniciativa de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) se inició la discusión sobre el

ordenamiento territorial como una política con enfoque interdisciplinario e integral, que buscaba incorporar la dimensión territorial a la planeación del desarrollo. Para ello se integró el Grupo Interinstitucional de Ordenamiento Territorial (GIOT) con la participación, además de la SEDESOL, del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). El GIOT se dio a la tarea de elaborar una Propuesta Interinstitucional de Ordenamiento Territorial, además de los términos de referencia para el arranque de la elaboración de los Programas Estatales de Ordenamiento Territorial (PEOT). Paralelamente preparó una Guía Metodológica para desarrollar las fases de Caracterización y Diagnóstico de los tres subsistemas considerados originalmente en la estructura del PEOT: natural, económico y social. Con este marco de referencia, la mayor parte de las entidades federativas iniciaron en 2000 la elaboración de sus programas de ordenamiento territorial.

El Plan Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2001-2006 presentado en 2001 contemplaba al ordenamiento territorial como el instrumento de la planificación del desarrollo nacional, en tanto que, paralelamente, Presidencia de la República ponía en marcha en ese mismo año una política territorial con enfoque regional mediante la creación de cinco fideicomisos mesorregionales para la construcción de infraestructura y equipamiento, y para el desarrollo de proyectos de inversión.

2.15 Propuestas de ordenamiento del territorio del municipio de Atlixco

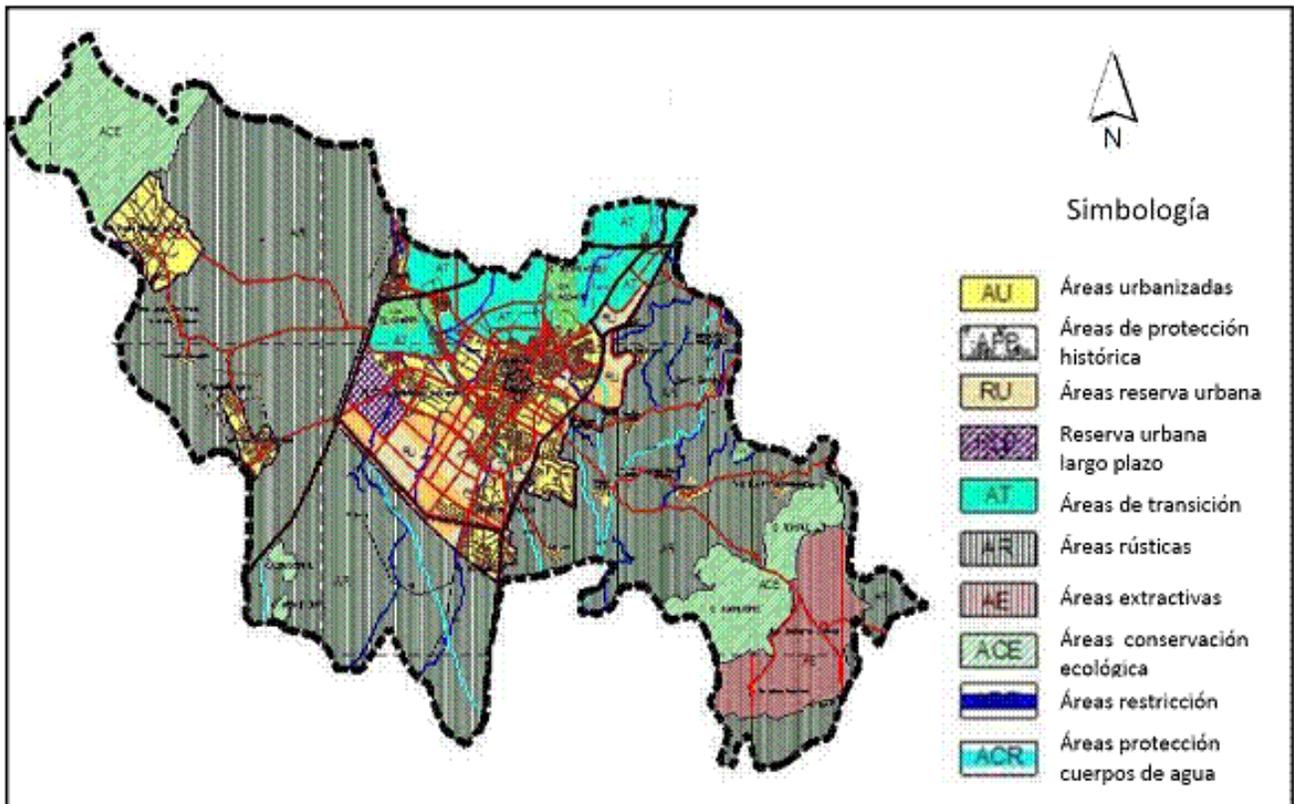
Desde la propuesta del Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Velázquez Gutiérrez (2002-2005) a la actualidad se ha venido planteando la ordenación del territorio tomando como eje primordial a la urbanización, industrialización y actividades comerciales, así como resolver el crecimiento desordenado de la ciudad. Este Plan fue propuesto como “... un instrumento rector que permita potenciar el desarrollo de dicha cabecera [municipal] y del resto de los centros de población, dentro de un marco de planeación concertada...”, que parte de la relevancia del municipio y su cabecera en la región y el estado, así como del problema que implica su crecimiento anárquico.

Su objetivo es “... establecer las estrategias, criterios y acciones que articulen el desarrollo integral económico, turístico, ecológico y urbano del mismo, para regular la distribución de las actividades y de las inversiones en el territorio y especifique los instrumentos para la administración y operación urbana; con ello establecer las condiciones que permitan impulsar al municipio como un centro estratégico de impacto en el ámbito regional y estatal” (BANOBRAS, PMDUA, *Ibíd.*).

Así, estableció la pertinencia de prever las medidas para controlar: el desordenado crecimiento urbano en zonas potencialmente turísticas o productivas y los desequilibrios ambientales y sociales. Para atender las necesidades de vivienda y equipamiento urbano de forma ordenada y planificada hasta el 2025, el municipio requeriría entre 725 y 1,000 ha, y entre 244 y 300 litros de agua extras (BANOBRAS, PMDUA, *Ibíd.*).

Para lograr lo anterior el Plan definió el ordenamiento del territorio en áreas definidas por su uso, a saber: de reserva urbana, urbanizadas, de conservación ecológica, de protección histórica y patrimonial, de reserva urbana a largo plazo, áreas de transición, rústicas, extractivas, de restricción por el paso de infraestructura y de protección a cauces o cuerpos de agua.

Figura 1. Ordenamiento Territorial Propuesto por el PMDUA para el Municipio de Atlixco (2001).



Fuente: BANOBRAS, PMDUA (*Ibid*).

2.16 El aspecto social en la transformación de los espacios rurales.

En México, desde épocas prehispánicas la agricultura ha sido el eje de la economía, la cultura y, en definitiva, de la vida de la inmensa mayoría de las zonas rurales. Una agricultura encargada hasta nuestros días de producir alimentos y materias primas para la supervivencia del campesino y su familia y, después de proveer a los mercados locales y, sólo en casos excepcionales a los mercados nacionales e internacionales las mercancías necesarias para su alimentación (Aguilar, 2003). En nuestro país la actividad agrícola ha aportado diversos elementos en donde se muestra la cohesión humana con los aspectos naturales que en su conjunto forman hoy un patrimonio de alto valor histórico y cultural y que se ven reflejadas en una gran diversidad de formas y estructuras sociales complejas. Sin embargo los avances tecnológicos y las políticas agrícolas implementadas por el gobierno mexicano, han provocado profundos cambios en la agricultura tradicional durante las últimas décadas, cambios que se ven expresados a un ritmo cada vez más acelerado en el uso del suelo, en donde la intensificación de la producción agrícola ha llevado al abandono de las zonas marginales de escasos rendimientos, debido a factores determinantes desfavorables como el clima, el suelo y el agua, y a un proceso de marginación de aquellas tierras a las que debido a su situación geográfica o económica dificultan la aplicación de las nuevas tecnologías o la disposición de las inversiones necesarias para aplicarlas.

La creciente globalización de los mercados, los compromisos y discusiones en los foros mundiales sobre comercio y medio ambiente afectan la esencia de la actividad agrícola transformando las zonas rurales y la vida de sus habitantes, con repercusiones ambientales, sociales y económicas propiciando con esto el abandono de la actividad agrícola e incentivando la migración a las ciudades. Debido a la coerción de procesos económicos y sociales contemporáneos derivados de la globalización, existen diversas vertientes que explican su impacto en el ámbito social y político, los cuales aportan evidencia de importantes transformaciones en lo local y en los territorios rurales. A este respecto Llambí (1997) menciona que la globalización es un proceso económico que influye en su reestructuración y que los flujos de mercancías, personas, capitales, tecnologías e imágenes, así como de la información se mueve con mayor rapidez. Estos cambios originan modificaciones en la vida económica, traducida en una mayor desigualdad económica de la población, en el poder político y en la cultura de un país.

Appelbaum, (2004) señala que las corporaciones multinacionales incrementan su participación en el mercado global, así como el incremento de la exportación manufacturera hacia países pobres, lo que trae como consecuencia el aumento de los flujos migratorios de mano de obra principalmente del campo a la ciudad.

Debido a esta apertura comercial los espacios rurales han venido representado una reconfiguración a ciudades urbanas modernas surgidas de la industrialización y el desarrollo capitalista. Esta transición rural presenta, peculiaridades derivadas de procesos históricos de transformación social y economía contemporánea (Nogués, 2004). Durante varias décadas los espacios destinados a la actividad agrícola se han desarrollado en el marco de una dualidad destacada, entre el campo y la ciudad, entre las áreas urbanas y las rurales. La revolución industrial y el desarrollo capitalista han puesto la profunda definición de esa relación histórica, como consecuencia del proceso de concentración de poder económico, político, social y cultural en las áreas urbanas, y el consecuente proceso de la des-estructuración de las sociedades campesinas y de apropiación de los espacios rurales, en su uso y en su gestión por agentes urbanos en el marco de una economía capitalista (*Ibidem*).

Los procesos inducidos por estos cambios han generado por un lado, el declive drástico de la actividad y de las poblaciones agrarias reducidas a una mínima parte del conjunto social; la marginalidad social de una buena parte de las áreas rurales; y la ruptura de los mercados de trabajo seculares que impusieron la emigración del campo a la ciudad y a otros países de forma progresiva (Lara, 1996). Nuevos usos, nuevas demandas, nuevos protagonistas y nuevos agentes sociales se han incorporado al campo, como segmentos de una nueva sociedad rural y de unos nuevos espacios rurales, cuyo perfil responde a patrones mercantiles y a presupuestos culturales urbanos. Los problemas que afectan a éstas áreas rurales no son iguales en todas las regiones aunque algunos se manifiesten de forma uniforme con diversidad de grado e intensidad, pues esto es lo que determina la complejidad del mundo rural.

Los espacios rurales se encuentran en la necesidad de integrarse en los nuevos espacios que se construyen en la actualidad, desde un punto de partida que condiciona sus posibilidades de hacerlo sin perjuicio para sus poblaciones, para su patrimonio territorial y con cierta seguridad de

progreso y dinamismo para el futuro (Nogués, 2004). Este proceso de integración se encuentra condicionado por la presión creciente que el mercado ejerce sobre los usos y demandas del suelo en las áreas rurales, por las nuevas relaciones de poder que determinan la gestión del territorio rural y por la percepción cultural, en muchos casos de claro perfil ideológico que incide sobre las orientaciones de las políticas rurales. En este sentido la investigación apunta a conocer la percepción actual de los campesinos y las estrategias que han implementado para soslayar estos procesos de transformación en el uso del suelo agrícola a urbano.

2.17 Transformación del territorio rural

Los procesos de cambio en los territorios rurales han sido, en parte, producto de la economía del país. En el México rural y en la etapa de la postguerra ya se observaba la reestructuración territorial rural, debido al impulso que el Estado proporcionó a la agricultura comercial en detrimento de los agricultores que producían granos básicos, aunado a que la inversión pública se destinó fundamentalmente hacia el impulso del desarrollo urbano e industrial. Esta política trajo como consecuencia que el sector agrícola minifundista fuera descapitalizado, y los precios pagados los productos agropecuarios fueran inferiores en comparación con los de la industria manufacturera (Moreno y Ros, 2004). Estas Políticas generaron graves problemas de desigualdad social en el país, y que hasta nuestros días siguen afectando al sector agrícola. Un ejemplo de ello es la política que surge a partir de la década de los ochenta, la cual modifica el sistema de precios de garantía de los cultivos básicos y los precios de los fertilizantes y plaguicidas y se abre la frontera a la importación de productos alimenticios básicos, como el maíz. Otro factor importante que surge con este tipo de medidas es la reestructuración de la propiedad de la tierra mediante la liberación de los mercados de la tierra de propiedad pública, que desde la óptica sus promotores, trata de revertir el minifundismo e iniciar la concentración de la tierra con la finalidad de impulsar mayores inversiones y capitalizar al sector.

Como consecuencia de esta reestructuración de la propiedad agrícola, se incrementa el despoblamiento rural, causando una fuerte migración hacia las principales ciudades del país y a los Estados Unidos. García (2003) analiza que la relación de la agricultura con la industria y el sector servicios, donde se recurre a nuevas formas, y encuentra que en amplias zonas rurales y

urbanas del norte y centro del país se consolidaron como complejos industriales que han impulsado grandes movimientos migratorios de la población rural. Ello ha significado que muchas familias campesinas intensifiquen su fuerza de trabajo dentro y fuera de la unidad de producción campesina y que sólo las personas de mayor edad sigan trabajando sus tierras.

La reestructuración de la capacidad productiva de las unidades de producción se expresa en el cambio de cultivos y en el decremento de la producción. Para Rubio (2006) esto no es casual ni transitorio, sino estructural, producto del dominio del capital sobre el campo. En este sentido, hacia el interior de la unidad de producción campesina la fuerza de trabajo agrícola tiene que intensificarse y además tiene que acudir con mayor frecuencia a laborar fuera de sus parcelas para aumentar sus ingresos económicos. Debido a esta problemática, existe una tendencia en el campo dirigida a una creciente diversificación de las fuentes de empleo e incremento de ingresos extra-parcelarios necesarios para el sustento de las unidades campesinas. En este sentido Lara (1996) parte del supuesto de que las sociedades agrarias actuales se “desagrarizan” por el aumento de actividades no agrarias en su territorio y de que la población campesina se desplaza a ciudades medias y pequeñas con la finalidad de obtener otras fuentes económicas que les permitan seguir subsistiendo y de igual manera seguir trabajando sus tierras. Esta movilidad reconfigura los mercados de trabajo, ahora con una presencia notable de las mujeres sobre todo en las formas de organización social. La construcción de los nuevos territorios de la moderna sociedad urbanizada exige una consideración integral e integrada de campo y ciudad. En la situación actual representa una cuestión técnica, económica, política pero sobre todo cultural. El futuro de las áreas rurales está marcado por la capacidad social para dar respuestas en esas distintas estancias.

La transformación del sector agrícola es producto del cambio de la política económica dirigida hacia la liberalización de los mercados y la reducción de la participación del Estado en la promoción de la producción. En este contexto la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2000) menciona que en el medio rural la tendencia del empleo asalariado se sitúa en dos componentes: la decadencia de la agricultura con explotaciones agrícolas familiares y de las pequeñas empresas familiares no agrícolas. Aunado a estos acontecimientos que están transformando la estructura económica y social del sector agropecuario, se puede mencionar la

disminución de la producción agrícola, la mala calidad de la tierra cultivable, el envejecimiento de los productores, la falta de agua y una mayor incorporación de las mujeres a dicha actividad (Zorrilla, 2003).

La poca o nula participación económica del gobierno en la agricultura ha llevado a los productores a adaptarse a esta situación, principalmente a través la diversificación de actividades productivas. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2003) el conjunto de actividades no relacionadas con el sector primario en donde participan la mayor parte de los miembros de la familia campesina se ha venido incrementando en las últimas décadas por la falta de oportunidades en el campo, así como por el crecimiento de la migración, la cual es definida como la exclusión económica de la población rural que no encuentra posibilidades de reproducirse económicamente y que representa una salida a los grandes problemas que existen en sus unidades de producción, como una mayor descapitalización, desempleo urbano y mayor abandono de la agricultura, deterioro del medio ambiente, cambio climático del cual depende la producción de temporal y el monocultivo (OIT, 2000).

Otro aspecto importante en la transformación del uso del suelo agrícola es la economía campesina. En ella la fuerza de trabajo es familiar y en ocasiones hay intercambio recíproco con otras unidades que son asalariadas en cantidades marginales, tiene un uso intensivo de mano de obra, baja inversión de capital e insumos, el destino del producto es parcialmente mercantil, el producto o ingreso familiar es indivisible y parcialmente realizado en especie. Sin embargo, dado el desarrollo histórico de las relaciones de la Unidad de Producción Familiar se observa que ahora se pueden distinguir dos visiones: la que cubre funciones para el conjunto de sus integrantes y la que considera la estructura y el funcionamiento interno con sus diferencias, en donde la organización familiar se cruza con la dinámica interna y externa de la unidad de producción familiar (Guzmán, 2006).

De acuerdo a lo anterior, los principales indicadores que caracterizan a la economía campesina y que permiten una mayor precisión en su funcionamiento actual es la presencia de fuerza de trabajo familiar, salarios marginales pagados en la unidad de producción campesina, el autoconsumo y el intercambio (Díaz, 1977), en donde la economía campesina se distingue por

producir bienes agropecuarios y no agropecuarios, y la diversificación y la no especialización son propias de la dinámica campesina (Gómez, 1986). Sin embargo a partir de la década de los setenta surgen estudios sobre el rol del campesinado en donde se señala que la lógica de la economía campesina está cambiando hacia una mayor integración al mercado, que acarrea modificaciones en su estructura social, economía interna y el uso del suelo, a lo que se llama proceso de transición. Con lo que puede explicarse el relativo equilibrio económico de las unidades de producción (*Ibíd.*).

2.18 El concepto de Bioregión

El concepto de "bioregión" ofrece una nueva mirada al territorio. Permite incorporar aspectos sociales y económicos con el contexto ecológico. De esta manera, el concepto de bioregión se ha desarrollado bajo diferentes miradas conceptuales y distintas prácticas, incorporando propuestas de desarrollo económico preocupadas por la conservación del ambiente y por elevar la calidad de vida de las comunidades locales. Una ecoregión, región ecológica o bioregión, es un área geográfica relativamente grande que se distingue por el carácter único de su morfología, geología, clima, suelos, hidrología, flora y fauna. Por lo general también comparten la misma cultura y tienen los mismos problemas por lo tanto se pueden utilizar las mismas tecnologías apropiadas y renovables para resolver sus problemas (Alexander, 1996).

Alexander distingue entre tres enfoques bioregionales: la conciencia personal, el determinismo geográfico, y el enfoque posibilista. En el primero, el enfoque de la conciencia personal, el énfasis se pone en el sentimiento individual de arraigo al lugar y la importancia de reorientarse personalmente hacia una vida más ecológicamente consciente y amigable, es decir, una reconexión con el entorno natural que lleve a una mayor concientización ambiental que sea reflejo de un mayor cuidado de la naturaleza. Este enfoque además se libera de los enormes problemas que el movimiento bioregional tiene al momento de definir espacialmente las bioregiones. Sus integrantes están preocupados por la calidad ambiental, rechazan por ejemplo la agricultura moderna mecanizada y defienden la agroecología.

Al respecto Dasmann (1976) y Berg (1978), definen la bioregión como un concepto geográfico y de la conciencia, destacando que las condiciones naturales dentro de una bioregión son similares

y que éstas han influido las formas de ocupación humana. Al respecto Alexander (1996), sostiene que la bioregión surge en buena medida como una mirada híbrida que proviene de una fusión de la biogeografía basada en regiones ecológicas (en especial las provincias biogeográficas), con las preocupaciones de los ambientalistas por la conservación y reducción de los impactos ambientales, y con ciertas formas contraculturales propias.

Los razonamientos vinculados a la influencia de las condiciones naturales en las formas de ocupación humana han llevado a algunos autores a describir la bioregión como una forma de determinismo geográfico. En este sentido se sostiene que el bioregión considera que la base natural condiciona a los humanos y sus culturas, pero a su vez el ser humano modifica su entorno en donde existe un proceso simultáneo de adaptación de la cultura al entorno y de modificación del mismo (Relph, 1981).

En este sentido McTaggart (1993), considera tres dimensiones de diferenciación en una bioregión: el sistema biofísico, los que habitan en el sistema y el sistema red, todo ello en el contexto del lugar o comunidad, en donde señala que la sociedad y la comunidad no se conciben como sistemas que resultan ser ubicados dentro de un ecosistema y la sociedad humana no solo tiene que responder a la ecología en general, sino más significativamente y en particular a las comunidades rurales, urbanas, indígenas e industriales, mismas que tienen que aprender a ser parte de sus propios sistemas a través de un lento proceso de continuidad histórica y basados en principios ecológicos.

En la misma línea, McGinnis (1999), lo concibe como un caudal de conocimientos que han evolucionado para sostener un proceso de transformación social a dos niveles: como estrategia de conservación y de sustentabilidad; y como movimiento político que llama a que se reintegre el poder a bioregiones definidas ecológica y culturalmente.

Existen cuatro posiciones para definir una bioregión:

1. Una posición determinista de tipo ambiental. La naturaleza determina las culturas dentro de específicas regiones, donde cada elemento de frontera empleado para definirla

(hidrológico, orogenético, fisiográfico, climático, vegetacional o de vida animal) puede configurarla de una manera distinta.

2. Una posición de correspondencia entre cultura humana y naturaleza en una escala bioregional.
3. Una posición de tipo posibilista, donde la geografía fija simplemente algunos límites o aporta algunos recursos, y donde las bioregiones en su completo desarrollo aportan sobretodo lo principal de sus culturas humanas y animales.
4. Una posición de tipo de conciencia subjetiva, donde la gente piensa que es, de donde está. Es importante que la gente se reoriente ecológicamente de una manera personalizada, donde las fronteras exactas de esta reorientación no son importantes. De esta manera, los confines tribales (con otros límites territoriales construidos con culturas focalizadas a un territorio o en una relación con la tierra) no corresponden a un límite específico en la naturaleza, esto constituye una bioregión.

Es evidente que estas posiciones no son contradictorias entre ellas ni mutuamente exclusivas. Si una configuración regional es también el producto de una cultura humana, el lugar donde la gente piensa que es exactamente donde está. Al respecto Mumford (1938), señala que históricamente las culturas tribales y civilizadas, para definir un territorio de vida utilizaban criterios fisiográficos y vegetacionales, los cuales fueron reemplazados por las culturas fluviales (regiones hidrológicas) y a su vez sustituidas por las regiones de ciudades, mismas que oscurecieron las posiciones geográficas. En este sentido es importante mencionar que una bioregión puede no existir en el suelo de un territorio o puede ser el producto de una interacción cultura-naturaleza en cambio constante, en donde el desarrollo de una sociedad depende de su propia habilidad para adaptarse y hacer referencia de una manera amplia con un ecosistema y de una manera reducida a una localidad biogeográfica.

2.19 Concepto de Campesino

De acuerdo con Palerm (1980) los estudios de campesinado inician en Europa dadas las preocupaciones nacionalistas y culturalistas que alentaron los movimientos nacionalistas y el romanticismo del siglo XVIII. El esfuerzo pretendía conservar y recuperar las culturas tradicionales cuyos mejores depositarios eran los campesinos, por lo tanto la “campesinología” comienza en Europa como una etnografía cultural. Cuando este enfoque es trasladado a Norteamérica en los primeros años del siglo XX, los antropólogos reemplazan al campesinado por los grupos indígenas.

En el periodo en que la empresa capitalista invade la agricultura y cuando la industrialización y la urbanización aceleran su crecimiento, los estudios campesinos tomaron una dirección orientada hacia la economía, la tecnología y la organización doméstica comunal de producción y consumo; así que a principios del siglo XX se presenta lo que Palerm (1980) llama “la edad de oro de los estudios campesinos” que se retrae y resurge a mediados del siglo XX. Según Palerm (1980) el interés marxista por el campesinado también se desarrolla en ciclos, y como demuestra Hewitt (1988), su influencia es visible en los estudios campesinos a lo largo de todo el siglo XX.

La sinuosa trayectoria de la conceptualización del campesinado toma fuerza en la discusión de si es una clase social, tal como la determinó Marx, y el interés de la identificación de su capacidad revolucionaria. Al principio, Marx identifica al campesino a la vez que lo descalifica como clase social. Son Lenin, a final del siglo 19 y Chayanov a principios del 20 quienes se ocuparon de identificarlo como tipo social específico en el proceso histórico en el que se encontraba. Lenin y Chayanov sentaron las bases para delimitar qué era un campesino (Cortés y Cuellar, 1987); las categorías que definieron y los argumentos que desarrollaron configuraron una concepción del campesinado que se convirtió en hegemónica a lo largo del siglo veinte.

Appendini (2001) distingue también los productores empresariales de maíz de las unidades de producción campesina del maíz, señalando que la mayoría de éstas se ubican en tierras de temporal marginales y de tamaño insuficiente para generar un nivel de ingreso que satisfaga los requerimientos mínimos de una familia. Señala también que en la estrategia de vida de estas unidades, la milpa es el eje del sustento alimentario de la familia y que uno de los efectos del

cambio de paradigma de atención al campo es precisamente el refugio que estos campesinos encuentran en la producción de autoconsumo para afianzar su “propia seguridad alimentaria”.

En este sentido la CEPAL presenta una clasificación que, de manera muy puntual, diferencia la economía campesina de la empresarial. La propuesta se resume en el Cuadro 1. Esta tipología establece una diferencia polar entre la agricultura campesina más apegada al modelo de Chayanov y el campesino pobre de Lenin, por una parte, y la agricultura empresarial más cercana a la definición de campesino acomodado de Lenin, por otra. Entre ambos polos existen varios estratos de campesinos transicionales pero siempre anclados en los criterios de "identificación" de Lenin y los que más tarde propuso Chayanov: principalmente el objetivo (o la motivación), la relación con el mercado, y el origen de la fuerza de trabajo.

Cuadro 1. Características de la economía campesina y sus diferencias con la agricultura empresarial.

| Características | Agricultura Campesina | Agricultura Empresarial |
|--------------------------------|--|--|
| Objetivo de la producción | Reproducción de la familia y de la unidad de producción | Maximizar la tasa de ganancia y la acumulación de capital |
| Estrategias de ingreso | Múltiples y en diferentes mercados y actividades, según los activos de cada familia | Ganancias agropecuarias (y en otros negocios), de acuerdo con el capital invertido |
| Manejo del riesgo | Al autoconsumo y diversificación de actividades agrícolas y no agrícolas. Debido a fallas de mercados faltan instrumentos para manejar el riesgo, y los que existen tienen costos altos. Redes familiares y locales producen el riesgo | Utilización de seguro agropecuario. Diversificación de cultivos |
| Origen de la fuerza de trabajo | Fundamentalmente familiar y, en ocasiones, intercambio recíproco con otras unidades; excepcionalmente asalariada en cantidades mínimas | Asalariada |
| Costo de la fuerza de trabajo | Bajo o casi nulo. Mano de obra familiar no pagada. Aprovechamiento de fuerza de trabajo familiares sin costo de oportunidad (niños y ancianos) | Costo equivalente al salario rural vigente |
| Tecnología | Alta intensidad de mano de obra, baja densidad de capital" y de insumos comprados por jornada de | Mayor densidad de capital por activo y mayor proporción de insumos comparados |

| | | |
|--|--|--|
| | trabajo | en el valor del producto final |
| Acceso a mercados e instituciones | Insuficiente debido a fallas de mercados, mercados incompletos instituciones inadecuadas | Mayor acceso a mercados e instituciones |
| Destino del producto y origen de los insumos | Parcialmente mercantil | Mercantil |
| Costos de transacción 1. supervisión y vigilancia de la mano de obra 2. crédito y mercadeo | Bajos. Auto supervisión Altos, debido a escalas reducidas y garantías insuficientes | Altos. Bajos debido mayores escalas de producción |
| Derechos de propiedad | Frecuentemente mal definidos y ambiguos. Problemas en su transferencia o intransferibles (tierras comunes) | Claros y bien definidos. Transferibles |
| Acceso a servicios productivos sociales e infraestructura | Deficiente acceso a servicios productivos sociales, particularmente en zonas rurales alejadas y con poca infraestructura | Buen acceso sobre todo en ciudades intermedias |

Fuente: Basada en Schejtman (1980) "economía campesina: Lógica interna, articulación y persistencia" revista de la CEPAL número 11.

Asimismo, Warman (1972) ubica su concepto de campesinado influido por estas categorías, pero además destaca que la existencia del campesinado sólo es posible en el marco de las relaciones específicas de la comunidad rural que hace posible las acciones de cooperación y redistribución que la caracterizan. Define al campesinado como: “el segmento que a través de una relación productiva con la tierra logra subsistir sin acumular. Esto se traduce en relaciones que le son características y que pueden analizarse a dos niveles: uno horizontal, entre iguales, en que se realizan acciones de cooperación y redistribución en el marco de la comunidad rural; y uno vertical y asimétrico, desigual, con un conjunto social más grande y poderoso a través del cual se despoja al campesino de su excedente productivo” (Warman, 1972: 118).

En este sentido Palerm (1986) señala que la peculiaridad económica del campesinado reside en el hecho de que no pertenece ni a la clase de los empresarios, ni a la del proletariado asalariado; no representa a la producción capitalista, sino a la producción de mercancías simples (Palerm, 1986:135). Al respecto Wolf (1972) define a los campesinos como agricultores explotados por una clase dominante, y es ésta condición la que los distingue de los agricultores primitivos. Los

campesinos deben producir suficientes raciones calóricas para la subsistencia de la familia, como así también para cubrir las necesidades de siembra del año siguiente y la alimentación del ganado. En el fondo, el término campesino denota una relación estructural asimétrica entre los productores de excedentes y los que los controlan (Wolf, 1976:263-265). De acuerdo a lo anterior Wolf (1976) señala que los campesinos son agricultores que explotan la tierra con la finalidad de tres fondos de producción:

El **fondo de remplazo**, que es la parte de la producción dedicada a amortizar la inversión e incluye la alimentación del campesino y su familia, la compra de semilla, la alimentación de los animales que se usan para sembrar y recolectar y la adquisición y el remplazo de herramientas.

El **fondo ceremonial**, que es la parte de la producción dedicada a cubrir el costo de distintas ceremonias, como invitar a los campesinos que participan en la faenas en un sistema de ayuda mutua, hacer ritos que hagan más eficaz la actividad agrícola y celebrar distintas fiestas a lo largo del año agrícola.

El **fondo de renta**, es la parte de la producción que pasa a manos de la sociedad mayor, por el poder que ejercen los sectores de ésta sobre los campesinos.

Debido a lo anterior la unidad económica campesina es a la vez una unidad de producción, cuya característica fundamental es la economía campesina basada en una economía familiar y en donde la organización está determinada por la composición de la familia: número de integrantes, composición por sexo y edades, y número de trabajadores con que cuenta (Wolf, 1976:271-272).

2.20 Grupo Étnico

Hablar de lo indígena implica abordar el concepto a lo largo de la historia, debido principalmente a que ha ido tomado formas y valores de muy diversa índole. De acuerdo con Aguirre (1992) las culturas que llamamos indígenas son configuraciones de ideas y complejos de conducta peculiares a las formaciones sociales coloniales, porque de ellas derivan.

Agrega Aguirre (1992) que las poblaciones indias y sus redes de cultura agraria, organizadas en comunidades corporadas y autocontenidas, fueron arrojadas de su hábitat por el sistema de explotación colonial y por el liberalismo de la independencia. Permanecen enclaustrados, en regiones de refugio, fuertemente acogidas a su territorialidad, en condición de pueblos. Residen en una ecología enemiga, constituida por una estructura con un núcleo, muchos parajes, varios pueblos y una ciudad ladina (Aguirre, 1992: 11).

Las categorías "indios", "indígenas", "pueblos indígenas", "poblaciones indígenas", "etnias", "grupos étnicos", "grupos etno-lingüísticos" y, como es usual en ciertos países, "pueblos originarios" o "primeras naciones" fueron elaboradas y aplicadas en el curso de complejo procesos históricos y en contextos sociales y políticos diversos, llenándose de contenidos distintos, polémicos y muchas veces contradictorios entre sí. Numerosos juristas, científicos sociales y organizaciones indígenas -aun adoptando alguna de estas categorías, como la de "pueblos indígenas"- han señalado que se trata de denominaciones herederas de concepciones coloniales, de generalizaciones con escaso valor explicativo. En este sentido la categoría de indio denota la condición de colonizado y hace referencia necesaria a la relación colonial (Bonfil, 1995:342).

Por otra parte el Instituto Nacional Indigenista (INI) y el Programa de las Naciones Unidas (PNUD) en el año 2000, señalan que el concepto de indígena es de origen colonial que define a una población que comparte una tradición cultural de raíz prehispánica, la cual se reorganiza y funda sus características formales en el marco de la sociedad novohispana y que retiene entre sus rasgos más importantes el hablar una lengua amerindia o el asumir una identidad con esa tradición (INI, 2000: 836)

Al respecto Caso (1996) señala que son cuatro, los criterios más importantes para lograr la definición del indígena: el biológico, que consiste en precisar un importante y preponderante conjunto de caracteres físicos no europeos; el cultural, que consiste en demostrar que el grupo utiliza objetos, técnicas, ideas y creencias de origen indígena o de origen europeo pero adoptadas, de grado o por fuerza, entre los indígenas, y que, sin embargo, han desaparecido ya de la población blanca. Estos rasgos deben ser, también, preponderantes en la comunidad. El

criterio lingüístico, perfecto en los grupos monolingües, aceptable en los bilingües, pero inútil para aquellos grupos que ya hablan castellano y, por último, el criterio psicológico, que consiste en demostrar que el individuo se siente formar parte de una comunidad indígena. Es indio aquel que se siente pertenecer a una comunidad indígena, y es una comunidad indígena aquella en que predominan elementos somáticos no europeos, que habla preferentemente una lengua indígena, que posee en su cultura material y espiritual elementos indígenas en fuerte proporción y que, por último, tiene un sentido social de comunidad aislada dentro de las otras comunidades que la rodean, que hace distinguirse asimismo de los pueblos de blancos y mestizos (Caso, 1996:337).

En la misma idea Warman (2003) señala que el concepto de indígena hace mucho que dejó de ser una categoría jurídica para ubicarse en el elusivo terreno de los usos y costumbres como un precepto impreciso y poco riguroso que, sin embargo, condiciona las relaciones sociales con los supuestos descendientes de los pobladores previos al contacto o colonización. Establece una categoría social informal de contenidos confusos, delimitada con fronteras inciertas y variables, que divide y segrega, que opera y tiene consecuencias graves; jurídicamente preciso en la época colonial, se extendió y se volvió difuso en el siglo XIX bajo el influjo del pensamiento racista y evolucionista. Se aplicó a grupos que no conservaban lenguas y tradiciones indígenas y que probablemente eran mestizos pobres y rurales. En el siglo XX, cuando menos en el discurso público y en el pensamiento ilustrado o informado, el ámbito de aplicación del concepto indígena se redujo a quienes eran portadores de una lengua y tradiciones asociadas (Warman, 2003:38-39).

Al respecto de la Peña (2000) menciona que desde el punto de vista del análisis social, lo indio debe entenderse como una dimensión identitaria -más que nunca, hoy en día-, y como tal debe tratar de registrarse. Por supuesto, es importante seguir capturando información sobre las lenguas vernáculas -cuyos hablantes no han dejado de aumentar en números absolutos-, la indumentaria y otros rasgos culturales, entre los que habría que destacar la participación en instituciones comunitarias. Pero la atención debe fijarse principalmente en la identidad asumida: si una persona se considera o no indio, indígena o miembro de una etnia. Y como la identidad siempre implica sentido de pertenencia a un grupo, debe establecerse cuál es el grupo de referencia pertinente: la comunidad, el barrio o vecindario, la familia, la parentela, la asociación ritual o la

organización étnica militante. Es necesario pensar en lo indio como un concepto análogo, no unívoco ni equívoco, donde pueden darse distintas combinaciones de componentes para distintas situaciones. En la ciudad y en el campo e incluso en el extranjero. Sobre todo, es urgente remplazar los estereotipos y reificaciones por una visión de los indios como sujetos de su propia historia y constructores de su propio futuro (De la Peña, 2000:25).

En este sentido Warman (2003) señala que la comunidad como organización social selecciona los rasgos culturales que se adoptan como distintivos de la identidad: las fiestas, danzas o representaciones, el uso y giros del idioma, el traje y adorno característico y hasta el conflicto con otras comunidades; son elementos que manifiestan plenamente la identidad indígena, sin embargo el vínculo esencial con la tierra y la territorialidad (como espacio material, pero también simbólico o sagrado), son signos que sirven de estandarte a la etnia o colectividad orgánica en donde se encuentran los mecanismos esenciales de la auténtica representatividad (Warman, 2003: 19-20).

Por otra parte Boege (1988) señala que la cultura indígena no se agota en la exclusión y la defensa negativa, sino que expresa identidades persistentes y resistencias creativas, y que tales identidades no son simplemente comunitarias (en el sentido de restringidas a la comunidad local), sino que pueden aludir a solidaridades regionales e incluso a territorios étnicos históricamente constituidos.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas el cambio de uso del suelo se ha constituido como uno de los factores plenamente implicados en el cambio global, alterando procesos y ciclos. Esto se vuelve importante, si se considera que es a través de estos cambios donde se materializa la relación entre el hombre y el medio ambiente.

Las transformaciones que sufren los ecosistemas cada vez son más graves. Los cambios del uso del suelo ya sean legales o ilegales son cada día más frecuentes (Pineda *et al.*, 2009). El ser humano al apropiarse de los recursos naturales cambia el estado de algunos de los componentes del sistema. Dadas las relaciones funcionales que ocurren entre los diferentes componentes, al cambiar el estado de uno de ellos se afecta, en mayor o menor grado, al resto de los componentes del sistema. Frecuentemente el impacto de las actividades humanas no se ve de manera inmediata. Más aún, algunas veces el impacto se da en lugares muy distantes al sitio en donde se efectuó la actividad humana. Esto dificulta asociar un impacto en el ambiente con su fenómeno causal (Mass, 2003:130).

Estos cambios se asocian a importantes transformaciones sobre los ecosistemas en todas las escalas. A nivel local induce la pérdida y degradación de suelos, cambios en el microclima y pérdida en la diversidad de especies. A nivel regional afecta en el funcionamiento de cuencas hidrográficas y de asentamiento humanos. A nivel global, coadyuvan a las emisiones de gases de efecto invernadero que conllevan al cambio climático (Bocco *et al.*, 2001).

En ecosistemas templados (como el municipio de estudio), el suelo constituye un elemento fundamental, debido a que cumple con múltiples funciones, no sólo como un sustrato y un medio poroso y permeable apto para la regulación del sistema hidrológico, sino como hábitat de organismos y proveedor de servicios ambientales (Cotler, 2003:153). Este es el caso del municipio de Atlixco, poseedor de estas características bioclimáticas.

Las modificaciones en el uso del suelo que se han venido dando a lo largo de la historia en el Municipio de Atlixco, son producto de los procesos de reestructuración socioeconómica, de

difusión, de descentralización industrial a partir de la década de los 70's, así como de políticas que han legislado los recursos naturales como el suelo y agua.

A partir de la década de los 60's, en el Municipio de Atlixco se inició una intensa transformación territorial motivada por la expansión urbana y el crecimiento de las actividades económicas del sector secundario y terciario de la industria textil. Esto provocó una mayor presión sobre los recursos naturales (suelo, agua y vegetación), así como cambios en el uso del suelo, el cuál pasó de agrícola a industrial-urbano y de comercio, lo que ha propiciado disputas por el territorio entre actores agrarios y urbanos (Lomelí, 2001:35).

Por otra parte, es importante mencionar, que algunas políticas de subsidio agropecuario y de colonización también han jugado un papel importante en la transformación del uso del suelo (Reyes *et al.*, 2006), en este sentido durante las décadas de 1960 y 1970 se instrumentaron políticas de desarrollo agropecuario basadas en el financiamiento al sector rural. Con estas acciones, su objetivo era conformar regiones económicas a partir de la colonización y la expansión de la frontera agropecuaria en diversas regiones a través del desmonte de selvas, bosques, para agricultura mecanizada y otros usos.

En las últimas décadas el cambio de uso del suelo se ha acrecentado en la región de Atlixco, el cual expresa serias implicaciones en el medio ambiente; ya que paulatinamente está transformando sus actividades agrícolas a zonas de vivienda y servicios. Estos cambios no sólo presentan altos costos ecológicos, sino también afectan en las adaptaciones humanas. En este sentido surgen las siguientes interrogantes.

¿Cuál fue la dinámica del cambio de uso del suelo que se ha presentó en la región de Atlixco, en el periodo de 1977 al 2007?

¿En qué proporción se modificaron las áreas urbanas, agrícolas y forestales?

¿En qué zonas y en qué períodos esta expansión fue más intensa?

¿Qué factores condicionaron el cambio de uso del suelo en el municipio de Atlixco?

¿Cuáles son las políticas que incidieron en el cambio de uso del suelo?

3.1 Justificación

La región de Atlixco es una importante zona, debido a las transformaciones en el uso de suelo que en ella se han dado a lo largo del tiempo, motivado por su posicionamiento geográfico, transformaciones económicas y concentración demográfica. Este proceso ha demandado la reorganización del territorio por la demanda de tierra y recursos naturales. Se parte del hecho de que la primera actividad que se practicó en esa región a partir de su fundación fue la agricultura y la ganadería como sustento de desarrollo y proveedora de necesidades alimentarias de la región.

Las actividades humanas que se han llevado a cabo en el valle a lo largo de cuatro décadas ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies que habitan un área determinada y en la pérdida irreversible de ambientes y ecosistemas. La pérdida de hábitat es la amenaza más importante en muchos países en desarrollo y se asocia a la excesiva explotación de los recursos naturales, al convertir zonas naturales en tierras agrícolas o dedicarlas al desarrollo industrial y de infraestructura urbana, debido principalmente a que contaminan las tierras, el agua y el aire.

Actualmente se reconoce que los seres humanos al igual que otros seres vivos, necesitamos obtener de nuestro entorno todo lo relacionado para sobrevivir, estableciendo relaciones básicas de cualquier fenómeno ecológico: con los factores abióticos y bióticos. En general se acepta que además de los elementos mencionados, existen para las poblaciones humanas otros factores que influyen en la relación que guardan con su ambiente: en particular las culturales y las formas de organización social y económica. La evolución de estos procesos se ha visto acompañada de profundas transformaciones en la dinámica demográfica y en los espacios donde se concentra la población humana, lo que conlleva a transformaciones irreversibles en la relación hombre-ambiente (Schteingart, 2000).

En este contexto, la organización socioespacial humana ha sufrido transformaciones radicales que tienen un sustento en el territorio: es decir en el proceso de urbanización. Éste implica, desde el punto de vista ecológico, la ocupación de un territorio y la modificación de las relaciones bióticas que tienen entre sí los diferentes componentes de los paisajes involucrados. De esta

manera, las poblaciones humanas generan modificaciones constantes y paulatinas de todas las variables ecológicas involucradas en el proceso de urbanización (Schteingart, 2000).

El crecimiento de las ciudades ha sido a costa de sus periferias rurales, trayendo consigo una serie de transformaciones sociales que se expresan con el nacimiento, la refuncionalización de identidades y los usos de suelo en otros espacios. La relación que existe entre lo rural y lo urbano tiene diversos puntos de contacto en múltiples procesos de interacción. El crecimiento poblacional, aunado a las crecientes expectativas de desarrollo, constituye una presión de uso sobre los recursos naturales. Esto no sólo se traduce en una intensificación de cultivos en zonas agrícolas, sino que además estimula el sobre pastoreo, la extracción de leña favoreciendo de esta manera la deforestación, como mecanismo de expansión de la frontera agrícola, etc.

La realización de este trabajo atiende la necesidad de comprender las transformaciones que se han venido dando, debido al cambio de uso del suelo en la región de Atlixco, mismo que se ha acrecentado en las últimas décadas. Los principales problemas que enfrenta la zona, son: la falta de planificación para el crecimiento urbano, el crecimiento en la demanda del agua para uso doméstico y para la agricultura.

Es importante mencionar como estas transformaciones empiezan ser evidentes en la parte noreste del municipio, donde la disponibilidad de agua es importante para determinar el uso del suelo, ya que las áreas más cercanas al Volcán Popocatepetl tienen un balance hídrico más favorable (escurrimientos de agua proveniente del Volcán) estas condiciones son idóneas para los asentamientos humanos.

El estudio de los cambios en el uso del suelo en el municipio de Atlixco, dará pauta para una adecuada toma de decisiones, debido a que es un área creciente con amplias perspectivas para el futuro. De esta manera será de gran utilidad para planificar los patrones de uso de los recursos hacia un desarrollo ordenado del territorio.

3.2 Objetivo general

Analizar la dinámica en el cambio de uso del suelo rural-urbano en la región de Atlixco, Puebla, desde el periodo prehispánico hasta el siglo XX, así como la relación que existe entre los factores sociales, culturales, económicos, agrícolas y naturales que han influido en la restructuración del territorio.

3.3 Objetivos específicos

1. Conocer la transformación rural-urbana de la región de Atlixco, Puebla desde el periodo prehispánico tardío hasta el siglo XX.
2. Identificar y evaluar mediante imágenes de satélite el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), así como la transformación del uso del suelo agrícola-urbano en la región de Atlixco, Puebla durante el periodo comprendido de 1977 al 2007.
3. Conocer y analizar los factores sociales y culturales que han influido en el cambio de uso del suelo agrícola-urbano en las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo, pertenecientes al Municipio de Atlixco, Puebla.

3.4 Hipótesis general

La dinámica en el cambio de uso del suelo que se ha venido dando desde el periodo prehispánico hasta el siglo XX en la región de Atlixco, Puebla, ha sido producto de diversos procesos históricos, de factores de crecimiento demográfico y aspectos sociales y culturales, que en su conjunto han determinado la velocidad e intensidad de los cambios del uso del suelo, del ecosistema y la pérdida del área agrícola.

3.5 Hipótesis específicas

1. Los procesos históricos relacionados con los asentamientos humanos, las características físicas y naturales, así como la intensificación agrícola con fines mercantiles en la región de Atlixco, Puebla, han sido factores importantes que han determinado el cambio de uso del suelo.
2. La pérdida de vegetación, así como la transformación del uso del suelo agrícola-urbano durante el periodo de 1977 al 2007 en la región de Atlixco, Puebla, se debe principalmente al crecimiento de la población, logrando con ello modificaciones importantes en el territorio.
3. Aspectos sociales como el arraigo a la tierra, las costumbres y los factores culturales, son elementos importantes que determinan en gran medida la velocidad e intensidad del cambio de uso del suelo agrícola-urbano en el Municipio de Atlixco, Puebla.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Enfoque metodológico de la investigación

Sabino (1996) señala que en el proceso de investigación científica, el método en el que se sustenta hace uso de un modelo de trabajo -Paradigma- que lleva implícito una visión epistemológica particular. Al respecto, Cerda (1991) menciona que detrás de cada modalidad investigativa, se encuentra una concepción filosófica que la sustenta teóricamente. A tal modalidad se le denomina Paradigma. Este término que refiere un modelo que lleva implícito una cosmovisión del mundo, un modelo desde el cual se piensa o analizan hechos y se producen nuevos conocimientos. Al respecto Cerda (1991) señala que paradigma es una concepción de una ciencia, de los problemas a estudiar, de la naturaleza de sus métodos y de la forma de explicar, interpretar o comprender los resultados de la investigación. Los paradigmas de investigación no emergen de las escuelas filosóficas considerando que estos se nutren de los elementos conceptuales de las distintas corrientes de pensamientos. Para Cerda (1991) los paradigmas de investigación se constituyen en unos puntos intermedios entre la concepción filosófica, la actividad y los procedimientos metodológicos propios de la investigación. No es más que la traducción en términos operativos y metodológicos de las ideas y conceptos y representaciones teóricas que se efectúan sobre el objeto de estudio.

De acuerdo a lo anterior los paradigmas se asumen como punto intermedio entre los principios y los conceptos teóricos propios sobre la cual se sustenta la investigación científica y los principios de carácter operativos y metodológicos de la investigación como tal. Estos buscan remediar las contradicciones entre la teoría y la práctica entre lo conceptual y lo operativo. Se agrega además que en todo caso este constituye un proceso de legitimación de la producción de conocimiento científico, de legitimación de la ciencia. Al respecto Kuhn (1997) lo define como un conjunto de logros compartidos por una comunidad científica, empleado por esta para definir y buscar soluciones legítimas a problemas planteados.

Todo método de investigación se realiza desde una plataforma conceptual, un paradigma que define las características del objeto de estudio, las estrategias, las técnicas e instrumentos así como los criterios de validación del conocimiento producido (Morles, 2002). En este sentido la relación entre el modelo metodológico y el concepto del objeto de estudio es fundamentalmente dialéctica, es decir constituyen un binomio inseparable. Es ese concepto lo que determina la elección de los procedimientos metodológicos (Bunge, 1976).

En este sentido, la concepción metodológica del estudio correspondió al planteamiento de investigación *inductivo-hipotético-deductivo* (De Ketele y Roegiers, 2000). Mediante el cual, la fase inductiva denominada también investigación heurística, aparece como una fase preliminar necesaria que permite obtener familiaridad con la situación o fenómeno de estudio (De Ketele y Roegiers, 2000). A partir de ello, intentar describir y analizar a través del razonamiento inductivo el problema de investigación manteniendo coherencia con un cuerpo de conocimientos o marco teórico preestablecido.

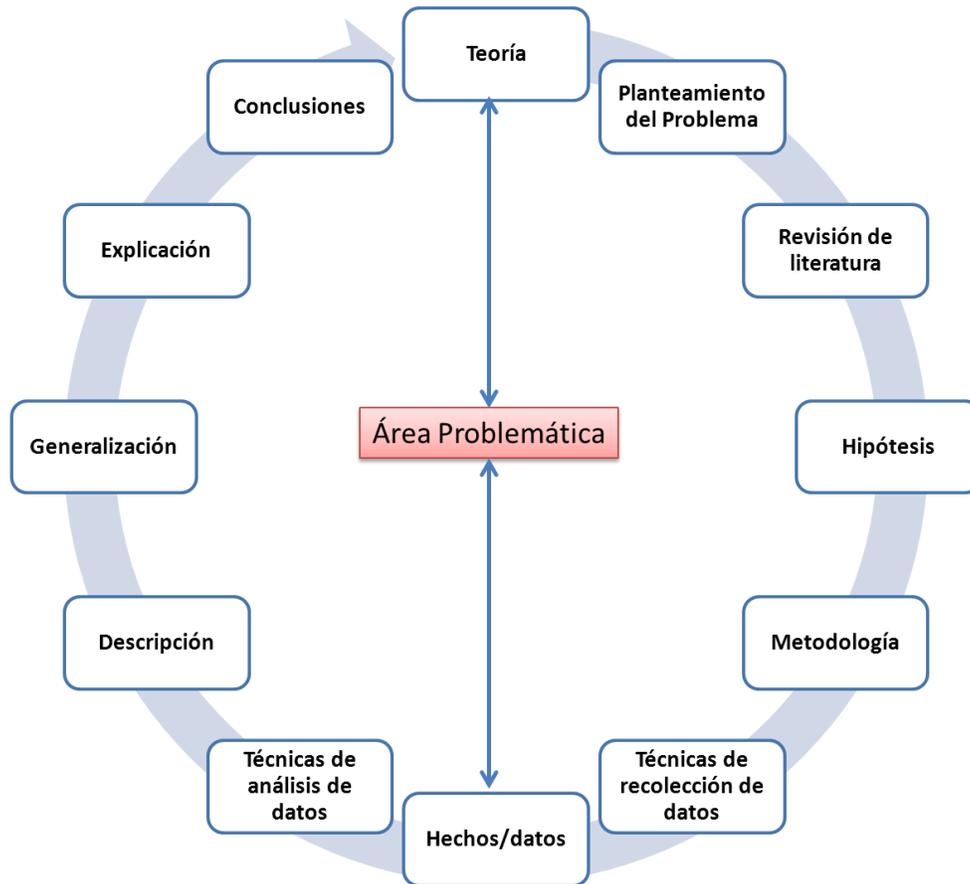
La inducción permite pasar de los hechos particulares a los principios generales. Consiste en partir de la observación de múltiples hechos o fenómenos para luego clasificarlos y llegar a establecer las relaciones o puntos de conexión entre ellos, pudiendo concluir en una teoría inferida inductivamente: porque la teoría se encuentra contenida en los fenómenos (Damiani, 1994). En la actualidad el método inductivo ha evolucionado permitiendo que el investigador parta, no solo de la observación sino de alguna idea ya estructurada, una hipótesis, constituyendo ahora la observación y la experimentación en etapas dentro del proceso de verificación de dichas hipótesis (Chalmers, 2003). En este sentido, el método inductivo no puede utilizarse solo, en forma aislada, sino necesariamente vinculado con el deductivo, debido a que constituyen una unidad indisoluble, pues las leyes y teorías que se formulen partiendo de las observaciones, necesariamente se convertirán en principios generales que servirán para explicar o predecir hechos particulares.

Para Chalmers (2003), lo atractivo del inductismo es que “las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico se derivan por inducción a partir de una base de hechos suministrada por la observación y la experimentación (inducción). Una vez que se cuenta con este conocimiento general, se puede recurrir a él para hacer predicciones y ofrecer explicaciones (deducción)”.

Por otra parte el método deductivo otorga validez formal al contenido del pensamiento racional, debido principalmente a que utiliza la lógica y las matemáticas como modelos racionales, las cuales son abstractas y deductivas. De este modo podemos decir que la deducción permite, mediante el razonamiento lógico, tomar una decisión sobre el grado de certeza que posee una hipótesis o formular un juicio a partir de otros juicios o premisas. En este caso los juicios que sirven como punto de partida son llamados premisas y desempeñan la función de ser las condiciones de la inferencia deductiva. El resultado que se obtiene, es decir, el juicio inferido como consecuencia es llamado conclusión (Cerdeña, 1991). En este sentido la deducción, como método científico, impone la necesidad de una lógica formal como condición al proceso. De allí que, aunque sea un rasgo básico del pensar humano, complementado con la inducción, la deducción sea un procedimiento normal de la actividad mental del hombre y, como procedimiento científico, aporta el fundamento de la racionalidad formal necesario para comenzar el proceso sistemático de búsqueda del conocimiento (Hurtado y Toro, 2007).

Algunas de las características que dan validez a la metodología de esta investigación *inductiva-hipotética-deductiva*, corresponden a la parte empírica-teórica: porque se requiere de la teoría para iniciar y conducir el proceso de investigación, pero a la vez es empírico porque son los hechos su objeto de estudio y muchas veces parte de ellos; por lo tanto podemos decir que es circular, como se aprecia en el esquema que describe la perspectiva general del proceso de investigación (Figura 2). Es inductivo y deductivo, porque la característica anterior lo hace ir muchas veces de lo particular a lo general (inducción), debido a que estudia determinados hechos y luego concluye formulando leyes universales y, al contrario, otras veces busca la verificación y aplicación de dichas leyes a los casos particulares (deducción). Es analítico, porque se procede mediante la clasificación y la descomposición de los objetos, fenómenos o hechos en todas sus partes o aspectos componentes para así estudiarlos y buscar las relaciones entre dichas partes (variables), definiendo de esta manera el problema de investigación.

Figura 2. Perspectiva General del Proceso de Investigación.



Fuente: Elaboración propia con base en Hurtado y Toro, 2007.

En este sentido, una vez definido el problema de investigación, se construyeron una serie de hipótesis que se incorporaron a un proceso de evaluación, el cual permitió discriminar aquellas hipótesis posibles de valorar de las que no, las que tenían lógica de las que no, para finalmente llegar a una hipótesis central o general e hipótesis específicas. La cuál fue sometida a una fase de confirmación. La confirmación tiene como función verificar el fundamento de la hipótesis por medio de un dispositivo, válido y susceptible de ser reproducido, que confronte los hechos observados con los hechos esperados y especulados para así proceder a una fase de reestructuración que nos permita construir una interpretación a partir de la confrontación de las hipótesis con la realidad (De Ketele y Roegiers, 2000).

Finalmente el trabajo se complementó con el enfoque de investigación de campo, bajo el cual se formularon postulados directamente aplicables a realidades concretas, construidos en un contexto con características específicas (De Ketele y Roegiers, 2000).

4.2 Métodos, técnicas y herramientas de investigación

El estudio fue abordado a través de metodologías de orden mixto en donde se llevaron a cabo estrategias de triangulación. La triangulación entre métodos corresponde al empleo de varios métodos de recolección de datos para las mismas cuestiones referentes a esos datos; de forma tal que las debilidades de un método puedan ser compensadas por los puntos fuertes de otros métodos (Cook y Reichardt, 2005). Este tipo de enfoque metodológico permite brindar propuestas de solución de una manera holística a situaciones y problemas complejos mediante la visión completa del fenómeno en estudio. En este sentido Denzin (1989) menciona que la triangulación consiste en un proceso complejo de contrastar cada método con el otro para aumentar al máximo la validez de la información obtenida. El procedimiento de triangulación está basado en la noción de que múltiples métodos pueden ser combinados para evaluar un mismo fenómeno (Denzin, 1989; Smith, 1986).

Diversos autores sugieren que, aunado a la validación de los resultados que brinda la estrategia de triangulación, el uso de varias metodologías puede ser considerado para acceder a interpretaciones más holísticas del contexto de la investigación. En particular, el aprovechamiento cualitativo puede ser utilizado para descubrir alternativas de explicación que no son “visibles” con los métodos cuantitativos. En algunos casos los métodos cualitativos pueden ofrecer un fondo crítico para reflexionar sobre los resultados estadísticos obtenidos por los métodos cuantitativos (González y Ángeles, 2006). A este respecto, varios autores mantienen la visión de que la validación es la fortaleza principal asociada al aprovechamiento de integrar múltiples métodos en la investigación, por lo que la triangulación de los resultados es, precisamente, un proceso que controla la subjetividad del investigador durante el análisis y que valida los resultados que se obtengan. En este sentido la recolección de datos en función de cada uno de los objetivos planteados se realizaron de la siguiente manera:

4.3 Revisión bibliográfica

Esta fase de la investigación tuvo como objetivo principal, conocer, ampliar y actualizar la información teórica existente acerca del tema de estudio. Para ello se consultaron diversas bibliotecas y hemerotecas, entre las que destacan la del Colegio de México, la de la Universidad Nacional Autónoma de México, la del Colegio de Postgraduados, la Universidad de las Américas, la Hemeroteca Nacional de México, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), la Fundación Universidad de las Américas, Puebla y la Universidad Autónoma de Chapingo. El tipo de metodología utilizada en esta etapa es el método histórico, que está vinculado al conocimiento de las distintas etapas del problema de estudio para conocer la evolución y el desarrollo del mismo, de esta manera se establecen las conexiones históricas fundamentales. La información obtenida se clasificó de la siguiente manera:

- Libros, revistas relacionadas con el tema de investigación, publicaciones, periódicos nacionales y estatales, páginas en Internet, etc.
- Censos agropecuarios de 1960, 1970, 1988, 1991 y 1994 del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).
- Anuarios agrícolas del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) de los años 2001 al 2007.
- Censos generales de población del INEGI, años 1930 al 2000.
- Planos de localidades rurales y urbanas del INEGI, año 1995.
- Negativos de fotos aéreas de la Fundación ICA (Banco de México de Aerofotos).
- Información de CONABIO correspondiente a uso del suelo, edafología, hidrología, etc.
- Fotos aéreas y cartas topográficas de INEGI.
- Cartas de INEGI referentes al uso de suelo, vegetación, clima, edafología, aguas superficiales, geología, etc.; de diferentes años.
- Información vectorial de diversos temas derivados del plan estatal de ordenamiento territorial.
- Imágenes de satélite LANSAT y SPOT de diferentes años.

Esta información, permitió profundizar sobre el tema de estudio, conocer la importancia en sus orígenes, su evolución, desarrollo y situación actual.

4.4 Estudio exploratorio

Esta etapa consiste en una investigación preliminar, provisional, que se realiza para recabar información respecto al problema de investigación, principalmente para aclarar conceptos y conocer las dimensiones centrales del problema, de igual forma contribuye en la precisión y diseño de técnicas e instrumentos que se utilizarían en la obtención de la información de campo. Para la correcta realización de esta fase, se utilizaron: guía de observación, libreta, cámara fotográfica y grabadora de campo. Durante el recorrido se conversó con distintos productores, así como con personas que en algún momento trabajaron el campo o tuvieron alguna actividad agropecuaria. Dichas conversaciones, tuvieron como objetivo, tener un primer acercamiento para conocer las características del lugar y la problemática que existe en la región.

Para la correcta realización de esta fase, se utilizaron: guía de observación, libreta y grabadora de campo. Durante el recorrido se conversó con distintos productores que se encuentran inscritos en los programas de PROCAMPO y PROCEDA, así como con personas que en algún momento trabajaron el campo o tuvieron alguna actividad agropecuaria. Dichas conversaciones, tuvieron como objetivo, tener un primer acercamiento para conocer las diferentes características del Municipio y entender el qué y por qué de las acciones y las relaciones sociales entre los actores, lo que éstos significan y de esta manera comprender las transformaciones que se han venido desarrollando a través del tiempo, así como en el contexto en el que ocurren y se desarrollan.

4.5 Selección del área de estudio

Para seleccionar el área de estudio se consideraron una serie de criterios formulados a partir de la información recabada en el estudio exploratorio en la etapa anterior. El principal criterio que fue considerado es el que aborda la problemática en cuanto al cambio en el uso del suelo, promovido por el crecimiento urbano y el desarrollo comercial, en una realidad geográficamente delimitada.

Tomando esto como base, se llegó a la elección de la zona de estudio en el municipio de Atlixco, Puebla por que reúne las siguientes características:

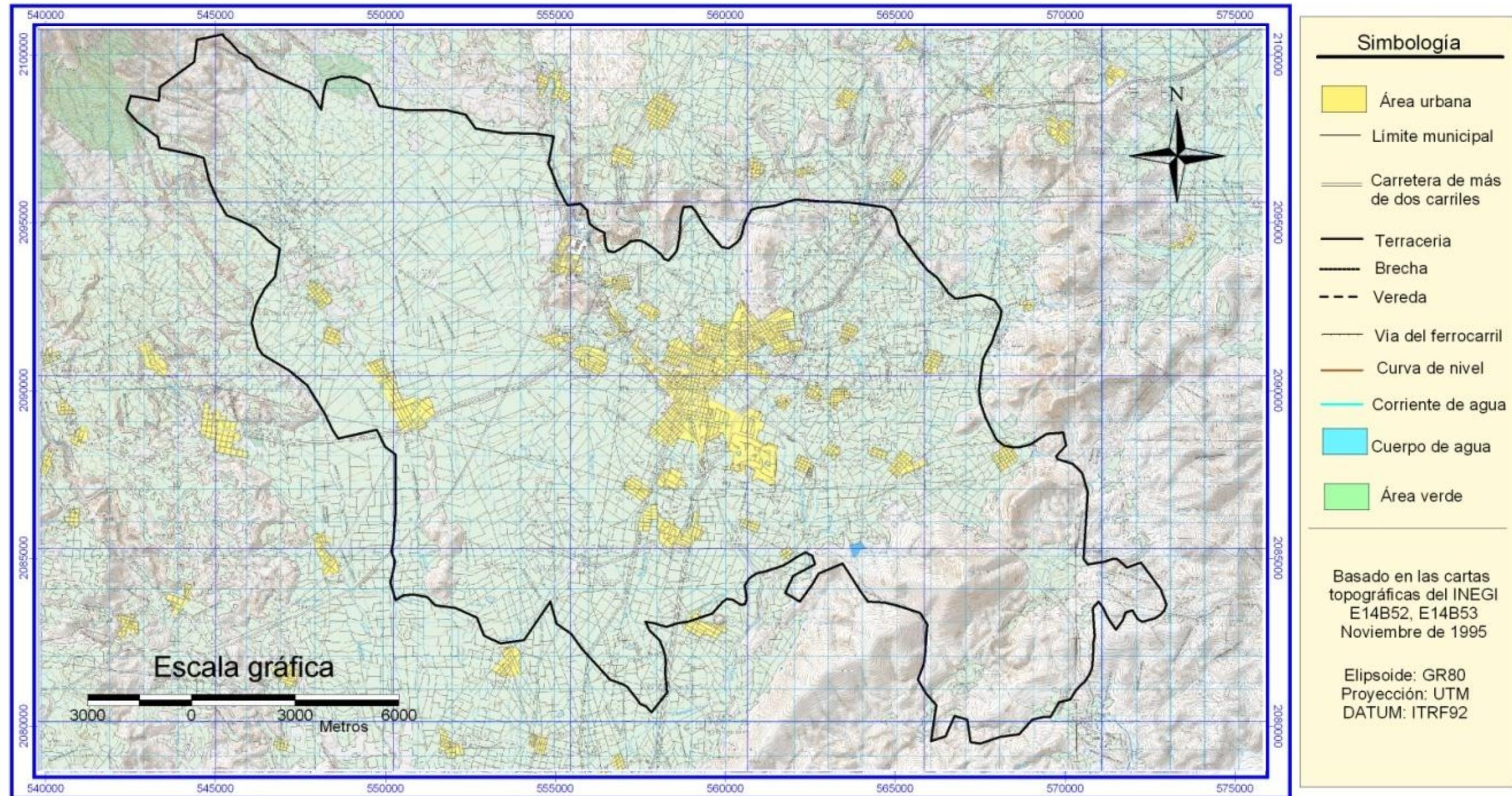
- Aún se desarrollan actividades agropecuarias, a pesar del acelerado crecimiento urbano en la región.
- Se realizan actividades agrícolas de temporal y de riego a cielo abierto y bajo condiciones protegidas.
- Existe una población que sigue desarrollando diversas actividades productivas sin descuidar el trabajo en campo para garantizar el sostenimiento del grupo doméstico.
- La introducción de las fábricas y molinos, cambios en el uso del agua por la llegada de centros comerciales e industria de manufactura.
- Migración pendular laboral intensa hacia las ciudades próximas (Puebla, Izúcar de Matamoros y Morelos) y hacia el exterior.
- Crecimiento en la construcción de complejos habitacionales y de servicios.
- Cercanía con la ciudad de Puebla.

4.6 Exploración visual de la zona de estudio.

Se realizó una exploración visual y directa en la zona de estudio con un recorrido de campo por el municipio de Atlixco, recorriendo las principales localidades de acuerdo con la información obtenida en el INEGI y en el Registro Agrario Nacional (RAN), la cabecera municipal, San Pedro Benito Juárez, Santo Domingo Atoyatempan, San Jerónimo Coyutla, La Trinidad Tepango, Axocopan, San Miguel Ayala, San Jerónimo Caleras, San Diego Acapulco, Santa Lucía Cosamaloapan y Metepec; con el propósito de corroborar la existencia de espacios agrícolas y urbanos. También se ubicaron las principales vías de comunicación.

Para realizar este recorrido se utilizó cartografía base del municipio (cartas topográficas E14B52 y E14B53 de noviembre de 1995, escala 1:50000), (figura 3) una computadora portátil y un GPS para la toma de puntos.

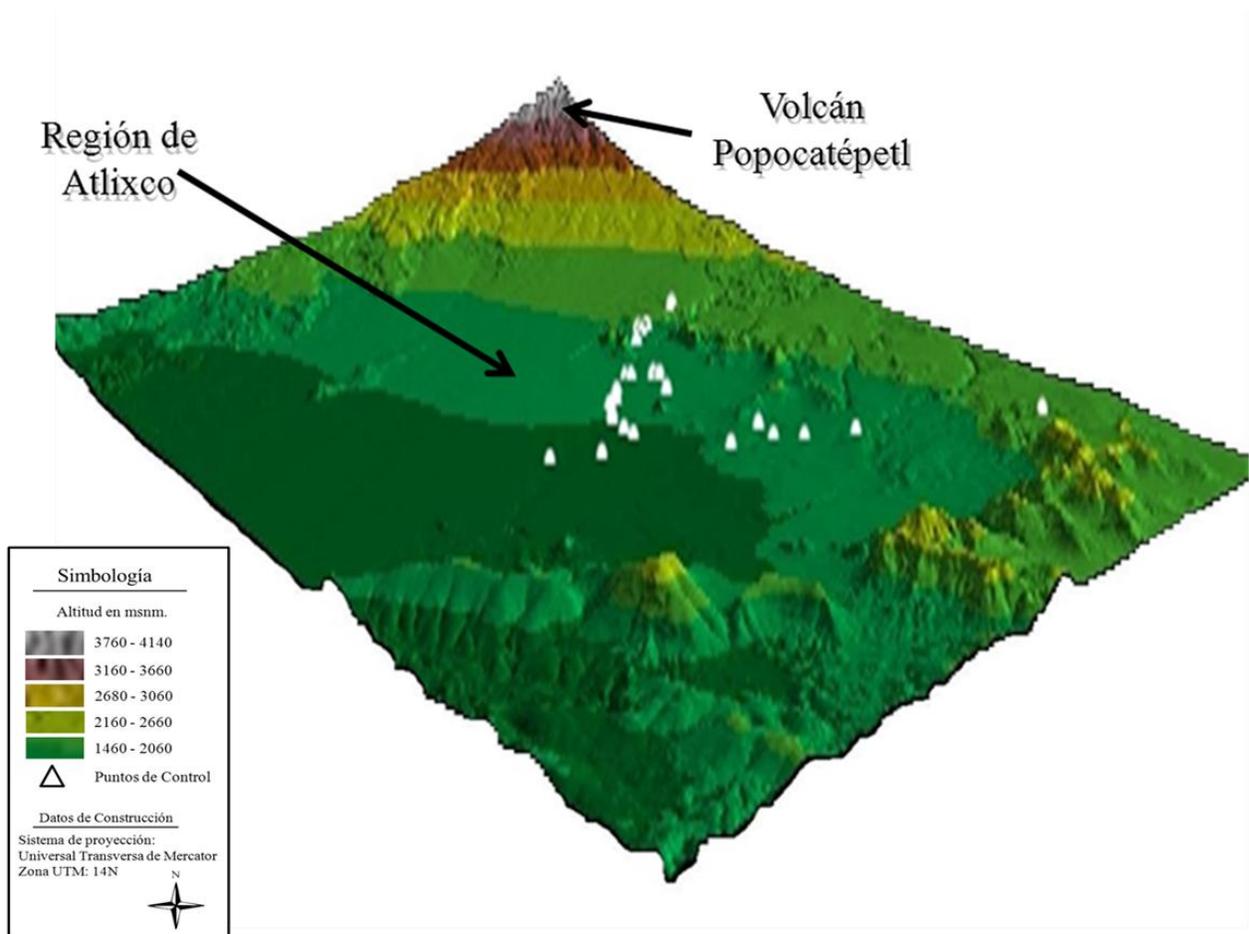
Figura 3. Topografía de Atlixco.



Fuente: Elaboración propia con base en las cartas topográficas del INEGI, E14B52 y E14B53 escala 1:50000.

Se comprobó la precisión del ajuste de las imágenes de satélite a través de un muestreo de carácter selectivo de puntos de control obtenidos con un GPS, en donde se definieron los sitios más representativos del municipio como: ríos, entronques, presidencias municipales, caminos, panteones, ex haciendas, puentes, etc., puntos que no varían en el tiempo. Se tomaron 100 puntos de control, con un nivel de error medio cuadrático inferior a 0.60 (Figura 4) y posteriormente se identificaron y localizaron en un contexto espacial.

Figura 4. Puntos de control Modelo Digital Terreno Atlixco.

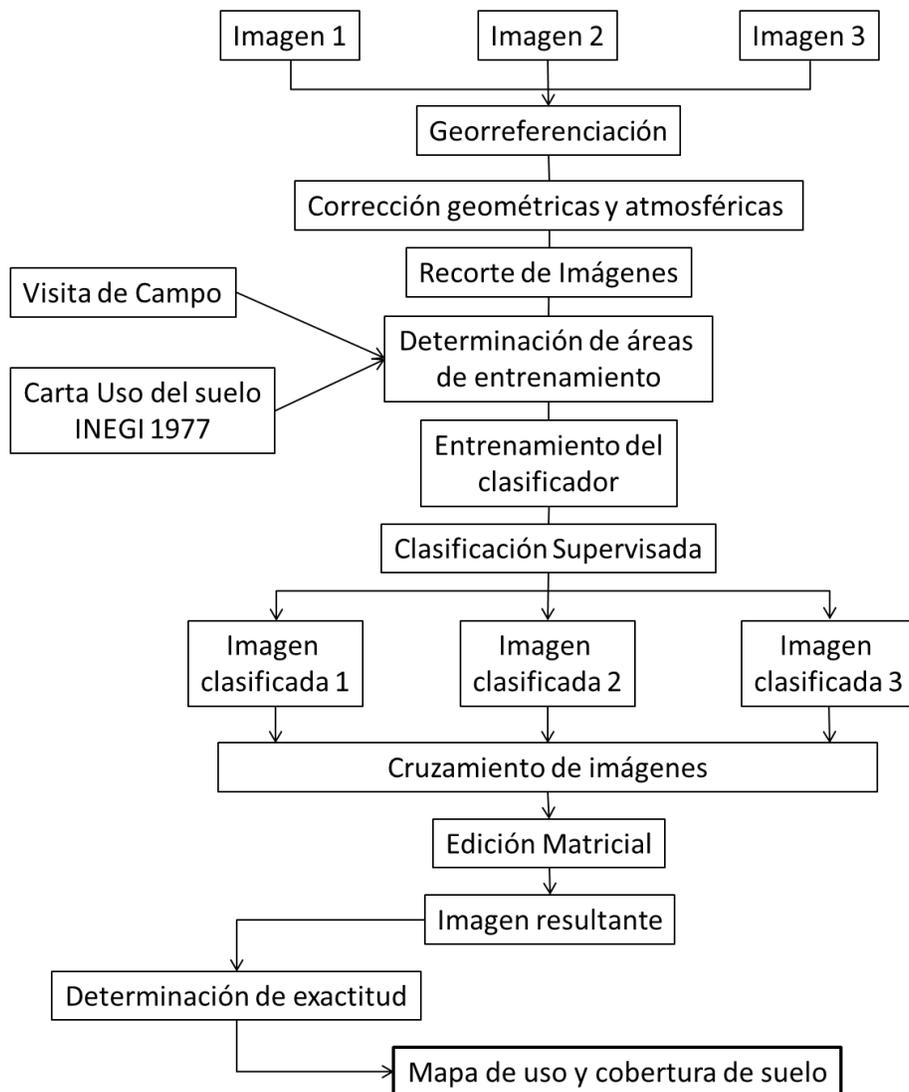


Fuente: Elaboración propia con base en datos vectoriales del INEGI.

4.7 Esquema metodológico del procesamiento digital de las imágenes de satélite y la cartografía digitalizada.

El acopio, solicitud y adquisición de la información geográfica representó un papel fundamental dentro de la parte metodológica de la investigación, debido a que forman parte importante dentro del desarrollo y análisis de la investigación. A continuación se muestra un esquema del procedimiento metodológico para el procesamiento de imágenes mediante Sistemas de Información Geográfica (figura 5).

Figura 5. Proceso digital de imágenes.



Fuente: Elaboración propia.

4.8 Materiales

El material satelital comprende: imágenes Landsat con los sensores: MSS (*Multi Spectral Scanner*), TM (*Thematic Mapper*), ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) e imágenes SPOT multiespectrales. Se tienen dos imágenes MSS, correspondientes a los años 1977. La imagen Landsat MSS de 21 de marzo de 1977 corresponde al *Global Land Cover Facility* (GLCF), al igual que las imágenes TM del 7 de marzo de 1989 y la ETM+ del 21 de marzo del 2000. La imagen SPOT fue provista por la Marina Mexicana en convenio con el Colegio de Postgraduados. Las características de las imágenes utilizadas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Características de las imágenes de satélite.

| Año | 1977 | 1989 | 2000 | 2007 |
|----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| Tipo de imagen | MSS | TM | ETM+ | SPOTSCENE_2A |
| Satélite | Landsat 5 | Landsat 5 | Landsat 7 | SPOT 5 |
| Resolución espacial | 60 metros | 30 metros | 30 metros | 10 metros |
| Número de bandas | 4 | 7 | 8 | 4 |
| Fecha de la imagen | 21 de marzo de 1977 | 6 de marzo de 1989 | 21 de marzo de 2000 | 21 de noviembre del 2007 |
| Path – Row | 27-47 | 26-47 | 26-47 | - |

Fuente: Elaboración propia.

Además de esos datos se obtuvieron datos de la carta topográfica E14B52 y los datos vectoriales de la misma del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), así como los vectoriales correspondientes a la carta de uso de suelo y vegetación e14b52 de los años 1977, 1993 y 2000 para poder elaborar las firmas espectrales de las imágenes con una mayor confiabilidad y precisión.

La información geográfica fue corregida geoméricamente y sistematizada para su análisis con un Sistema de información geográfica (SIG), utilizando el siguiente software: ArcView 3.3, ArcGis 9.1, Erdas Imagine 9.1, Idrisi Andes y MultiSpecW32 y como fuentes de información mapas geostadísticos del INEGI (2000a), las cartas topográficas E14B42¹ con información raster y vectorial del INEGI se obtuvieron en papel, por tal motivo tuvieron que ser digitalizadas a una resolución de 400 dpi sin compresión para poder trabajar con ellas con distintos software. También se obtuvieron y corrigieron las imágenes de satélite correspondientes al área de estudio LANDSAT y SPOT.

4.9 Correcciones geométricas

Las imágenes presentan diferentes niveles de errores, por ello, son necesarias las correcciones. El ajuste geométrico de las imágenes bajo estudio se realizó tomando como base los datos vectoriales de las vías de transporte del INEGI, carta E14B52, de noviembre de 1995. En el caso de las imágenes SPOT, fue necesario el cálculo de las estadísticas, puesto que al tratar de trabajar con ellas en ERDAS Imagine, marcaba que no contaban con estadísticas, por lo que cada capa fue exportada a datos raster en Idrisi Andes, para que su pudieran trabajar.

4.10 Correcciones atmosféricas

Son necesarias debido a la forma particular en que la atmosfera afecta las imágenes de satélite. Para conseguir la corrección de la imagen captada deben estimarse las magnitudes de los procesos que contaminan la imagen. En el caso de los efectos atmosféricos, estos procesos son los de dispersión y absorción por gases, aerosoles y nubes (Sobrino, 2006).

¹Proyección, Datum. Proyección Universal Transversa de Mercator, Cuadrícula UTM a cada 1000 m., Datum: Norteamericano de 1927, Elipsoide: Clarke de 1866, Fecha de preparación de imagen: Octubre del 2007, escala 1: 50,000.

4.11 Interpretación Visual de Imágenes de Satélite

- a) El análisis visual consistió en describir los resultados del análisis, así como en determinar la transformación que se dio principalmente en la vegetación de la región y en el crecimiento urbano.
- b) Para llevar a cabo el análisis visual de las imágenes se consideraron diferentes criterios de identificación como el tono, color, textura, forma, tamaño, patrones, localización y aspectos temporales.
- c) Se llevaron a cabo múltiples ensayos para identificar la composición en color que ofreciera una mejor discriminación de cubiertas, tomando en cuenta una composición ideal para el tema a analizar, mismos que se evaluaron de forma crítica, teniendo en cuenta los conocimientos sobre el tema y la zona, para decidir la aplicación de una determinada composición u otra en función de la que se adaptara mejor a las necesidades del análisis.
- d) Se realizaron composiciones en falso color y color natural y se analizaron las matrices de correlación entre las distintas bandas del conjunto multispectral para elegir las que se encontraban menos correlacionadas entre sí.

El proceso de interpretación se dividió en 4 fases:

1) Detección, reconocimiento e identificación

La detección, consiste en el descubrimiento de que algo está ahí, el reconocimiento, por el cual el intérprete reconoce un objeto familiar sobre la base de su forma, tamaño y otras propiedades visibles. Finalmente está el paso de la identificación, en el cual el objeto o característica es identificado como algo conocido por un nombre o término.

2) Análisis

Antes de empezar con el análisis es necesario determinar qué objetos o características se van a analizar dependiendo del tema de interés (red de drenaje, formas del relieve, litologías, vegetación, etc.).

3) Clasificación

La clasificación consiste en la comparación basada en las características definidas de las unidades en la fase de análisis. Es decir, se asignará un nombre de clase a las unidades diferenciadas que presenten las mismas características. Si los objetos de estudio no son claramente visibles o interpretables entonces se necesitará trabajo de campo adicional.

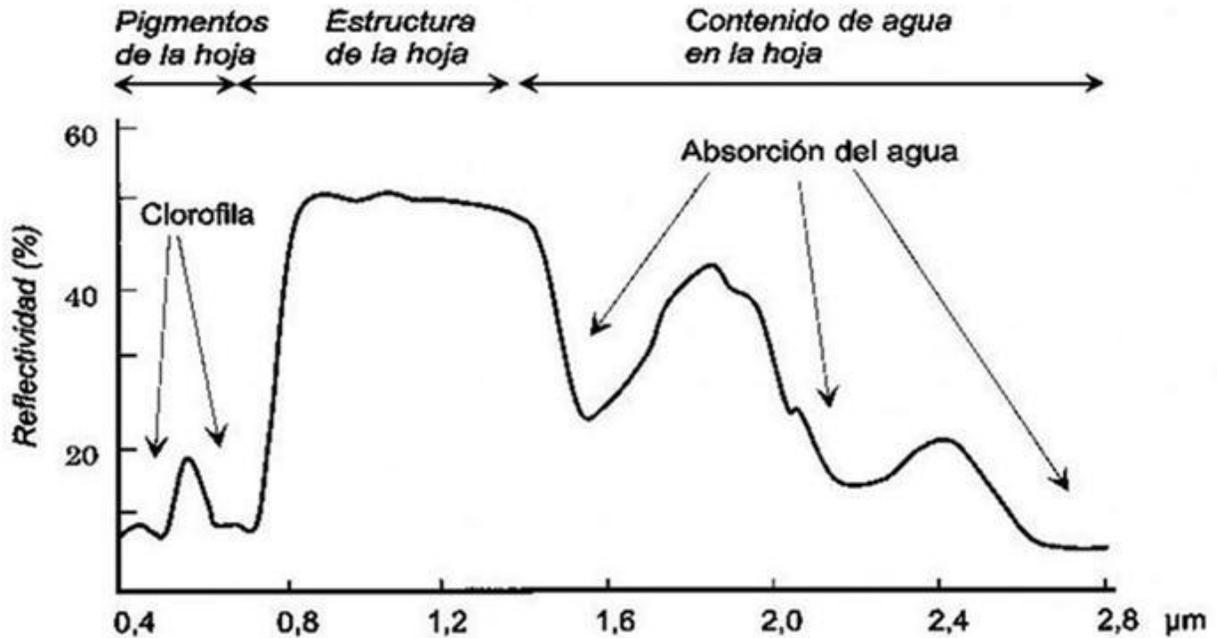
4) Deducción

La deducción está definida como la fase que trata de la combinación de las observaciones realizadas sobre la imagen con el conocimiento adquirido a partir de otras fuentes, con el fin de adquirir información que no se puede obtener a partir de las imágenes. También se refiere este término a cuando el intérprete llega a conclusiones sobre la base de sus observaciones en las imágenes. En general todas las fases anteriores (excepto la detección) presentan un importante componente de deducción.

4.12 Análisis de la cobertura vegetal mediante NDVI

El comportamiento teórico de la vegetación vigorosa (figura 6) muestra una reducida reflectividad en las bandas visibles debido al efecto absorbente de los pigmentos de clorofilas, xantofilas y carotenos, captando la radiación situada en torno a los 0,445 μm , coincidente con el rango de la banda TM1. La clorofila presenta una segunda banda de absorción cercana a los 0,645 μm , perteneciente al rango de la banda TM3. Entre ambas porciones del espectro, aparece una banda intermedia, alrededor de los 0,55 μm , banda TM2, en donde el efecto absorbente es menor, mostrando así un máximo relativo de reflectividad. (Gates, 1980).

Figura 6. Comportamiento espectral teórico de la vegetación vigorosa.



Fuente: Tomado de Molina 1984.

En el infrarrojo cercano presenta una elevada reflectividad debido principalmente a la estructura celular interna de la hoja, (Harris, 1987). Esto se reduce paulatinamente hacia el infrarrojo medio, llegando a 1,45 μm en donde el efecto absorbente del agua provoca una drástica reducción de la reflectividad, esta absorción también se produce a los 1,92 μm y 2,7 μm (Lusch, 1989). Entre estas bandas del espectro electromagnético, donde la absorción del agua es más clara, se sitúan dos picos relativos de reflectividad en torno a 1,6 μm y 2,2 μm, donde se encuentran las bandas del sensor ETM+ TM5.

4.12.1 Generación de los índices de vegetación

Los índices de vegetación son transformaciones que implican efectuar una combinación matemática, entre los niveles digitales almacenados en dos o más bandas espectrales de la misma imagen. El principio en el que se encuentran apoyados es el comportamiento radiométrico de la vegetación vigorosa, descrito anteriormente. El intervalo de variación del NDVI queda comprendido entre -1 y 1; donde la vegetación siempre registra valores positivos según la estructura, fisonomía y densidad del tipo de vegetación (Reed *et al.*, 1994).

$$\text{NDVI} = (\text{IR}-\text{R} / \text{IR} + \text{R}) \quad (1.1)$$

En donde las variables ROJO e IR Cercano están definidas por las medidas de reflexión espectral adquiridas en las regiones del rojo e infrarrojo cercano, respectivamente. Estas reflexiones espectrales son en sí cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral individual.

4.13 Análisis cuantitativo de la transformación del uso del suelo

4.13.1 Fuentes de información empleadas

Con la finalidad de obtener un panorama amplio de los ecosistemas presentes y partiendo de lo general a lo particular una primera fase para delimitar la región de estudio se hizo con base en las cartas topográficas E14b52 y E14b53 escala 1:50 000 (INEGI, 1995) y la carta uso del suelo y vegetación E14b52 escala 1:50 000 (INEGI, 1977), estas contemplan un área total de 108,877.35 hectáreas. Las cartas topográficas E14b52² y E14b53¹ con información raster y vectorial del INEGI se obtuvieron en formato digital, sin embargo la carta E14b52 la carta de uso del suelo y vegetación se obtuvo en formato impreso, por tal motivo para poder trabajar la información de esta, se tuvo que digitalizar a una resolución de 400 dpi en formato TIFF sin compresión para su posterior vectorización. Se obtuvieron 3 imágenes de satélite de tres momentos diferentes Landsat MSS 1977, Landsat TM 2000 y Landsat TM 2007 correspondientes al área de estudio.

²Proyección, Datum. Proyección Universal Transversa de Mercator, Cuadrícula UTM a cada 1000 m., Datum: Norteamericano de 1927, Elipsoide: Clarke de 1866, Fecha de preparación de imagen: Octubre del 2007, escala 1: 50,000.

4.13.2 Cartografía INEGI

Se digitalizó, georreferenció y corrigió geométricamente la carta Uso del suelo y Vegetación del INEGI (1977) escala 1:50 000, con proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), basada en vuelos de marzo de 1976. A partir de esta carta se elaboró un primer acercamiento al uso del suelo (cuadro 3), de la región llevando a cabo un reagrupamiento en clases, mediante la elaboración de polígonos, utilizando el software ArcView 3.3 (ESRI, 2002). Este modelo inicial permitió resolver tres problemas: 1) la tipificación de la cobertura a diversos niveles de resolución espacial; 2) una organización de la cobertura vegetal que incluyen criterios definidos y 3) una representación objetiva de la dinámica de la vegetación por incluir clases en continua transformación (el nivel de subcomunidad).

Cuadro 3. Evaluación del cambio de uso del suelo (1977)

| Formación | Uso del suelo | Clave |
|-----------------------|-------------------------|-------|
| Bosque | Bosque Pino | BP |
| | Bosque Encino | BE |
| | Bosque Pino Encino | BPE |
| Vegetación | Palmar | PAL |
| Selvas | Selva Baja | SB |
| Pastizal | Pastizal Inducido | PI |
| | Pradera de Alta Montaña | PAM |
| Agricultura | Agricultura de Riego | AR |
| | Agricultura de Temporal | AT |
| Asentamientos urbanos | Zona Urbana | ZU |
| | Área Sin Vegetación | ASV |

Fuente: Elaboración propia con base en Velázquez *et al*, 2002.

Con objeto de establecer un conjunto de datos confiables, se verificó la calidad del etiquetamiento y clasificación de los polígonos establecidos con base en la técnica descrita por Bocco y Riemmann (1997), la cual describe la verificación en términos binomiales de criterio éxito-fracaso, misma que puede ser representada como un experimento de Bernoulli, con dos posibles resultados: correcta (donde la etiqueta del polígono en la base de datos digital corresponde a la dada en el mapa en papel) o incorrecto (donde el polígono fue incorrectamente etiquetado). Se vincularon bases de datos digitales como datos vectoriales del (INEGI) y datos espectrales derivados de los insumos base de la percepción remota (Lu *et al.*, 2004).

4.13.3 Imágenes Landsat

Las imágenes Landsat fueron corregidas geométricamente con base en los registros de datos vectoriales del INEGI carta topográfica E14b52, de noviembre de 1995. También se realizó un recorrido de campo en donde se definieron y localizaron los sitios más representativos, lo que dio como resultado un muestreo selectivo de 40 puntos de control obtenidos con un posicionador geográfico (GPS), alcanzando un nivel de error medio cuadrático inferior a 0.60 de lugares como: ríos, entronques, cruces de caminos, panteones, ex haciendas, puentes, etc. Para comprobar la precisión del ajuste de las imágenes de satélite. Estas fueron proyectadas a los parámetros Universal Transversa de Mercator (UTM) zona 14 tomando como referencia la carta topográfica del INEGI E14b52 año 1995. En este proceso se estableció una relación matemática entre las coordenadas de la imagen de referencia (carta del INEGI) y las coordenadas de la imagen en líneas y columnas para un número de puntos de referencia (Lu, *et al.*, 2004).

Posteriormente las imágenes fueron corregidas radiométricamente a fin de que fueran igual para realizar un análisis comparativo entre ellas, manteniendo un error mínimo cuadrático tolerable establecido de un pixel. Se realizaron los recortes correspondientes de acuerdo con la región de estudio. La información fue sistematizada para su análisis con un Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando el software ArcView 3.3 y Erdas Imagine 9.1.

La combinación de bandas del sensor Landsat utilizada fue en color verdadero 3,2,1, (visible rojo, visible verde y visible azul) que constituyen la combinación más próxima a la percepción humana, las combinaciones de colores se emplean para discriminar de la imagen aspectos como: suelos, morfología urbana, vegetación, cuerpos de agua, entre otros. A todas las imágenes se les realizaron tratamientos de realce (Smooth) de contraste a fin de lograr una mayor identificación visual de los diferentes elementos presentes (Rindfuss, 2004).

Se verificaron en campo 160 sitios y localidades seleccionadas por medio de la carta topográfica del año 1995 y de información presente en la imagen Landsat del año 2007, considerando la extensión de la vegetación, usos del suelo y unidades geomorfológicas. En cada sitio se describió el perfil del suelo y se obtuvieron las coordenadas con un GPS, para posteriormente determinar la firma espectral para cada clasificación mediante el conocimiento previo de la zona y la interpolación de la clasificación obtenida con un mapa temático base (carta uso del suelo y vegetación INEGI 1977).

Se llevaron a cabo entrevistas a productores de la región para conocer los usos del suelo actual, y de años anteriores. Se realizó el proceso de segmentación, previa a la clasificación de las imágenes, el cual consiste en dividir la imagen en regiones (grupos de píxeles) homogéneos y seleccionar las mejores áreas de entrenamiento con base en el trabajo de campo y tomando como referencia los polígonos elaborados a partir del mapa temático base (Lambin *et al.*, 1994).

4.13.4 Precisión de la clasificación.

El complejo comportamiento espectral de los diferentes usos del suelo que fueron identificados creó la necesidad de verificar esto, por medio de diferentes algoritmos de clasificación y así poder recabar mayor información. La evaluación de la precisión se efectuó comparando dos fuentes de información: i) la carta derivada de la clasificación digital, y ii) la información de referencia que comprende la interpretación de la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI, asumiendo esta información como “verdad terrestre”. Para la realización de esta etapa se ubicaron, sobre el área acotada en donde se realizó la clasificación, puntos de muestreo denominados píxeles de referencia (Jensen, 1996). Para seleccionar el número de píxeles de

referencia, se debe tener en cuenta el tamaño de la superficie a muestrear y la cantidad de categorías, en este sentido Congalton (1991) aconseja un umbral de 50 píxeles por cada clase temática, de esta manera se extrajeron 720 píxeles de referencia distribuidos al azar. A partir de lo anterior se estableció la relación entre los dos sets de información, que corresponde a la imagen clasificada y la información de referencia, generando así una matriz de confusión³. Esta matriz ubica los valores que expresan el número de píxeles de referencia asignados a una categoría particular, en relación con la verdadera categoría verificada con la información auxiliar. La información resultante de la matriz de confusión se evaluó utilizando diferentes mediciones de precisión como: la precisión global, precisión del productor y la precisión del usuario (Camacho, 2000).

La calidad temática de una cartografía producida por teledetección suele hacerse mediante el análisis de la matriz de confusión construida en el proceso de contrastación. A pesar de las limitaciones estadísticas que conlleva la matriz de confusión, ésta es la forma más completa de transmitir toda la información sobre la calidad del proceso de clasificación temática. Sin embargo, presenta el inconveniente de su extensión y de cálculos posteriores sobre la misma que expliciten la calidad total o parcial del proceso (Foody, 1992).

Para verificar la concordancia espacial entre las clases representadas en los mapas temáticos, generados a partir de las áreas de entrenamiento, en relación a la verdad “terrestre” fue hecho un cruce entre esos mapas, cuyas concordancias son expresadas en una matriz de confusión. Según Congalton *et al.*, (1991), la matriz de confusión es constituida por un conjunto de números dispuestos en líneas y columnas, los cuales expresan el número de píxeles asociados a una clase específica en relación a la verdadera clase. La técnica, desarrollada por Cohen (1960) es denominada kappa, y su estimador es una medida de la diferencia entre la concordancia de las clases resultantes con los datos de referencia, cuyos valores son representados en la diagonal de la matriz, y la concordancia casual (dada por el producto de los valores marginales de las líneas y

³ Para evaluar la exactitud de un mapa se utiliza una Matriz de Confusión. La Matriz de Confusión consiste en la colocación de filas y columnas relacionadas con las categorías de uso o cobertura relacionada con el mapa. En las columnas se ubican las categorías deducidas por el autor de la clasificación. Mientras que en las filas se colocan las clases de referencia (verdad del terreno). El error asociado a cada columna se denomina “error de inclusión o comisión” y representa aquellas áreas que fueron asignadas a dicha categorías sin pertenecer a ella. En las filas se presentan las categorías verdaderas. El error asociado a cada fila se denomina “error de exclusión u omisión” y representa aquellas áreas que no fueron asignadas a dicha categoría aun cuando pertenecían a ella.

columnas). Por lo que el estadístico Kappa (κ), mide el grado de ajuste debido solo a la exactitud de la clasificación, prescindiendo del causado por factores aleatorios (Hudson y Ramn, 1987). A través del cruce de las cartas temáticas generadas a partir de la interpolación de las muestras con la carta temática considerada como “verdad terrestre” fue estimada la concordancia espacial entre las clases mapeadas, usando el Índice de Concordancia Kappa (Niclòs *et al.*, 2010). Con esto, se pudo verificar si las muestras representaron adecuadamente la variabilidad espacial del ingreso.

Se puede apreciar en la matriz de confusión (cuadro 4), que la precisión de la clasificación para la cobertura de Zona Urbana (ZU), agricultura de temporal (AT), agricultura de riego (AR), selva baja (SB), bosque pino encino (BPE), palmar (PAL), bosque pino (BP) y pastizal inducido (PI), muestran valores elevados tanto en la precisión del productor como en el usuario. Esto puede indicar que su clasificación no tiene riesgo de confusión. Las bajas precisiones para las demás clases señalan confusiones mutuas. El coeficiente Kappa (κ) posee un valor de 0.6356, lo que indica que las clasificaciones son 63% mejores que las esperadas al azar. También puede observarse que la exactitud global del mapa es de un 71.50%, siendo considerado este valor según Zhenkul, (1995) como bueno, el cuadro muestra una fila que indica los errores por comisión, los que son calculados a partir del cociente entre el número de aciertos entre el campo y el mapa (diagonal del cuadro) respecto al total de la columna para cada clase temática, estableciéndose de esta manera un porcentaje (error de comisión) para cada tasa de cambio.

Cuadro 4. Matriz de Confusión.

| Datos Clasificación | Datos de Referencia | | | | | | | | | | | Total Columna | Precisión Usuario % | Error de Comisión % |
|------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|------------------------|
| | ZU | ASV | PAM | BP | BE | BPE | PAL | PI | SB | AR | AT | | | |
| ZU | 66 | | | | | | | | | 2 | 6 | 74 | 89.19 | 10.81 |
| ASV | | 27 | 2 | 3 | | | 4 | 1 | 2 | | | 39 | 69.23 | 30.77 |
| PAM | | 2 | 37 | 2 | 1 | 1 | 6 | | 4 | | | 53 | 69.81 | 30.19 |
| BP | | 1 | 5 | 58 | 5 | 1 | | | | 1 | | 71 | 81.69 | 18.31 |
| BE | | | 2 | 5 | 55 | 2 | | 1 | 2 | 4 | 1 | 72 | 76.39 | 23.61 |
| BPE | 2 | | 4 | 2 | 4 | 50 | | 4 | | 1 | | 67 | 74.63 | 25.37 |
| PAL | 5 | | 2 | | 1 | | 45 | | | | | 53 | 84.91 | 15.09 |
| PI | 6 | | | 1 | 2 | 4 | 1 | 43 | 4 | 2 | 3 | 66 | 65.15 | 34.85 |
| SB | | 4 | | 3 | 2 | | 2 | 4 | 69 | | 2 | 86 | 80.23 | 19.77 |
| AR | 2 | | | 1 | 3 | 1 | | | | 55 | 1 | 63 | 87.30 | 12.70 |
| AT | | | | | | | 3 | 5 | 1 | | 67 | 76 | 88.16 | 11.84 |
| Total Fila | 81 | 34 | 52 | 75 | 73 | 59 | 61 | 58 | 82 | 65 | 80 | 720 | | |
| P Productor % | 81.48 | 79.41 | 71.15 | 77.33 | 75.34 | 84.75 | 73.77 | 74.14 | 84.15 | 84.62 | 83.75 | | | |
| E Omisión % | 18.52 | 20.59 | 28.85 | 22.67 | 24.66 | 15.25 | 26.23 | 25.86 | 15.85 | 15.38 | 16.25 | | | |
| Error Global % | 71.50 | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2011.

4.13.5 Limitaciones del método

Si bien es posible obtener datos de superficie para los distintos usos y coberturas de suelo, la precisión de los datos obtenidos a partir de éste método es inferior a la que se podría lograr mediante un censo. Ello se debe a que la resolución espacial de la imagen Landsat (30m. x 30m.) no permite visualizar calles, callejones, canales, etc., los que pueden ser clasificados por ejemplo en parcelas de cultivo. Por este mismo motivo propiedades agrícolas pequeñas (en general menos de 5 ha.) donde coexisten diferentes usos del suelo, pueden no ser clasificadas correctamente, puesto que son afectadas por la respuesta espectral de áreas vecinas. Esta limitación puede ser minimizada mediante la utilización de imágenes con una mayor resolución espacial, aunque en este caso se utilizó otra metodología (Tso y Mather, 2001).

Por otra parte, muchas veces algunas categorías del suelo, que se requieren ser identificados, en función de un objetivo determinado, como por ejemplo frutícolas y forestales, poseen una respuesta similar, cuyas diferencias no son lo suficientemente significativas como para ser individualizados por éste método. Esta limitación se soluciona en parte mediante el análisis multitemporal. Finalmente en áreas de regadío, protegidas por malla antigranizo, plásticos como invernaderos y micro-túneles o con cultivos intercalados, no es posible una determinación correcta del uso del suelo (Tso y Mather, 2001).

El análisis de las tasas de cambio de uso del suelo se realizó con la siguiente ecuación utilizada por la FAO (1995):

$$t = 1 - \left(1 - \frac{S1 - S2}{S1} \right)^{1/n}$$

Donde t es la tasa de cambio, $S1$ y $S2$ son las superficies de uso del suelo en el tiempo inicial y tiempo final, respectivamente. La variable n equivale a la amplitud del periodo evaluado.

4.14 Población de estudio

Se seleccionaron 2 localidades con características diferentes en cuanto al sistema de producción (temporal y riego), con la finalidad de contrastar los resultados. La localidad de Nexatengo fue elegida por las condiciones que presenta, es decir que es una comunidad cercana a la cabecera municipal (Atlixco) dedicada a la producción de hortalizas y flores utilizando riego, su producción está destinada en su mayoría para la venta a intermediarios y presenta un acelerado crecimiento urbano. San Pedro Benito Juárez es una localidad con características importantes en cuanto a su población, pues existen un número importante de personas que aún hablan Náhuatl y tienen muy arraigadas sus costumbres. En esta comunidad se practica la agricultura de temporal, produciendo principalmente maíz, frijol y calabaza, todos para el autoconsumo familiar.

Para determinar las personas a entrevistar en la investigación, se tomaron como referencia los datos de la lista del PROCAMPO, ya que, al no existir un censo actualizado de las personas que habitan la localidad, se procedió a utilizar dicha lista por considerarse una fuente importante de información de personas que se dedican a las actividades agropecuarias.

Se realizó una primera entrevista a partir de un guión el cual estuvo conformado por preguntas abiertas y temas a tratar. La información fue registrada a través de una grabadora y transcrita a un documento de texto para su posterior manejo y análisis. Con el propósito de complementar los datos cuantitativos obtenidos, en el apartado de resultados se transcribieron algunos segmentos de los testimonios orales de las personas entrevistadas.

4.15 Técnica de encuesta

El estudio se cimentó en la aplicación de un cuestionario diseñado mediante el método descriptivo de encuesta muestral (FAO, 1998). Este tipo de encuesta permite unificar y estandarizar información para un mejor manejo matemático y comparar información de poblaciones con características variables. El cuestionario de preguntas cerradas, de opción múltiple y abierta se aplicó por medio de entrevista directa a informantes clave y campesinos, con el apoyo de una grabadora para almacenar la mayor cantidad de información verbal. La

observación directa durante los recorridos en campo permitió tomar notas y fotografías (Hernández y Ramos, 1977). Durante esta etapa, el sentido común y el espíritu crítico fueron indispensables para recopilar la información.

El cuestionario quedó estructurado por preguntas abiertas para datos cuantitativos y algunos nominales. En todos los casos se mantuvo abierta la posibilidad de registro de información adicional. La cédula de entrevista quedó conformada por los siguientes ejes temáticos:

- 1) Datos Personales
- 2) Aspectos relacionados con la actividad agrícola
- 3) La situación del uso del suelo desde el punto de vista actual, pasado y futuro
- 4) Actitud hacia el cambio en el uso del suelo (Social)
- 5) Actitud hacia el cambio en el uso del suelo (Ambiental)

4.16 Muestreo

El marco de muestreo tuvo como referencia la base de datos de PROCAMPO en donde se tienen registrados 75 productores de Nexatengo y 255 productores de San Pedro Benito Juárez, dando un total de 330 productores, se determinó la varianza con base a la superficie en hectáreas apoyada del total de productores, la cual da un valor de 1.8, y el tamaño de la muestra aleatoria se calculó con la siguiente ecuación (Gómez, 1970).

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}$$

d= Precisión

$Z_{\alpha/2}$ = Confiabilidad

N= Tamaño de muestra

S^2 = Varianza

Para este estudio se consideró una confiabilidad del 95%, los valores son:

$N = 300$ productores.

$Z_{\alpha/2} = 1.96$ (Confiabilidad del 95%)

$d = 0.255$ (precisión del 15% del promedio)

$s^2 = 1.08$

Para calcular el tamaño de la muestra se fijó una precisión del 15% del promedio y una confiabilidad del 95%, el resultado fue un tamaño de muestra de $n = 58$ campesinos a ser entrevistados, mismos que fueron seleccionados aleatoriamente y los cuales fueron redondeados a 60. De estas 60 encuestas 46 se aplicaron en San Pedro Benito Juárez y 14 en Nexatengo.

4.17 Análisis de la información

Los datos cualitativos y cuantitativos colectados en la encuesta fueron capturados en bases de datos, organizadas en hojas de cálculo Excel y procesados en el paquete estadístico *Statistical Package for the Social Science* (SPSS versión 19, 2011). El análisis de los datos se realizó mediante cuadros de contingencia, frecuencias y porcentajes.

Los resultados obtenidos en esta fase permitieron precisar los elementos y factores asociados a la continuidad de la actividad agropecuaria, las relaciones existentes entre los productores y la urbanización, la combinación y retroalimentación entre actividades productivas agrícolas y no agrícolas, estrategias multifuncionales de ocupación y sostenimiento del grupo doméstico presentados en el reporte final.

Por otra parte la relación que existe entre el análisis de la información de los mapas elaborados a partir de la información cuantitativa y los datos obtenidos de los actores involucrados en dicho proceso, permitieron conocer de manera detallada los factores que están originando de manera significativa el cambio de uso del suelo en el Municipio de Atlixco, Puebla.

V. ÁREA DE ESTUDIO

La finalidad del capítulo es ofrecer una descripción de la región en estudio, así como una breve descripción de los elementos que se consideraron para la bioregionalización. Se considera importante la especificación de los elementos naturales del espacio, para entender la acción social que se desarrolla debido a la transformación del uso del suelo, en una región que ha tenido características idóneas desde la época prehispánica para realizar actividades agrícolas, el desarrollo de la industria y diversas actividades económicas.

Con el objetivo de comprender la totalidad del cambio de uso del suelo, fue necesario llevar a cabo una regionalización basada en las ciencias ambientales no tradicionales, lo natural, lo social, lo histórico y lo económico; debido principalmente a que el objeto de estudio cobra importancia de acuerdo a las estructuras que se han formado en la misma y que han sido transformados por la misma realidad. Para analizar los problemas cognitivos inherentes al tratamiento conjunto de lo humano y lo no humano, se ha apelado primero a la teoría general de sistemas¹ y, posteriormente, al llamado paradigma de la complejidad². En este sentido se ve la necesidad de estudiar la totalidad del ambiente: lo físico, lo biótico, lo humano, lo social y lo histórico. Para Morin (2007), la complejidad antropo-social está explicada por su base biológica y por los imaginarios propios de la época, entre ellos, el mito del progreso. Sin embargo no hay que olvidar que las regiones representan un medio esencial para conducir procesos de gestión descentralizada, por la posibilidad que brinda obtener una mayor participación social local bajo una visión participativa y de largo plazo, la relación entre los tres ámbitos del desarrollo regional -crecimiento económico, equidad social y sustentabilidad ambiental-, o el grado de desenvolvimiento de estos, no necesariamente se debe de presentar de manera homogénea, debido a que los ritmos de avance en el espectro temporal de cada uno de los ámbitos del desarrollo regional, dependerá de las características particulares de cada formación social regional (Wong, 2001).

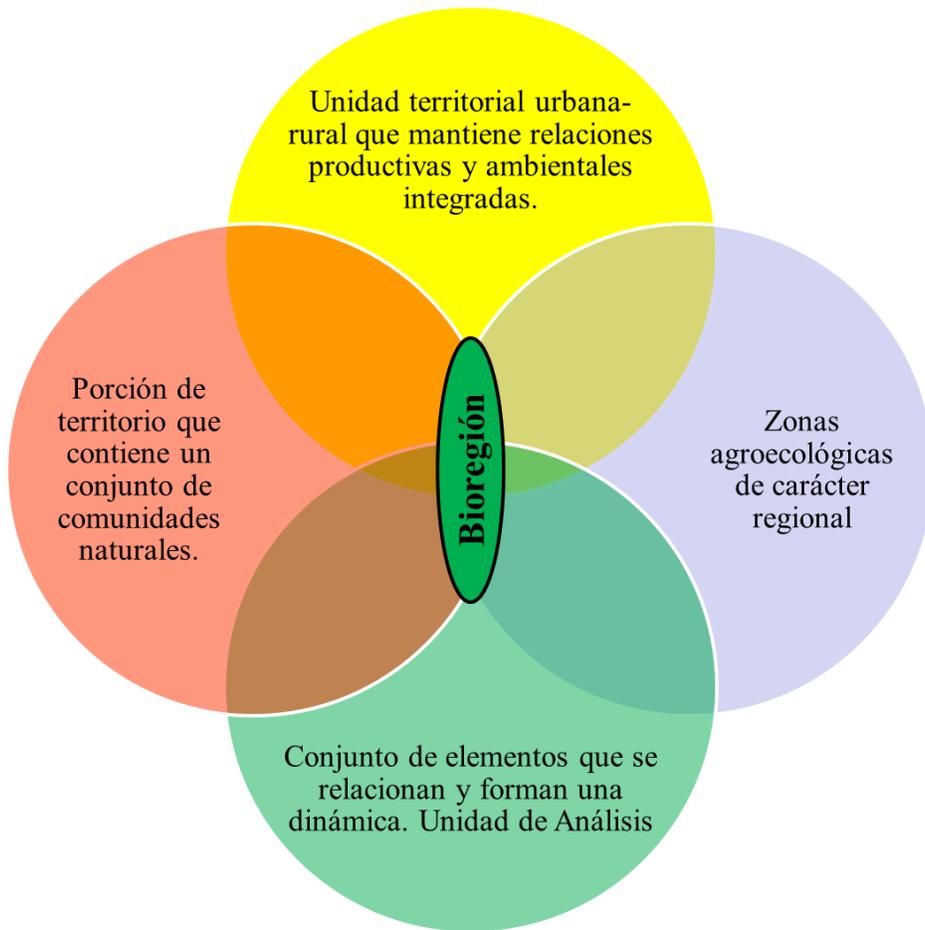
¹ Aunque la relación entre la totalidad y sus partes ha acompañado el pensamiento filosófico (Aristóteles, Galileo, Hegel), fue Ludwig von Bertalanffy quien expuso la idea de la teoría general de sistemas en 1930, según la cual todo sistema es abierto, es decir que intercambia información con el medio ambiente como cualquier sistema vivo.

² El llamado paradigma de la complejidad constituye una nueva racionalidad, que se rebela contra la visión lineal de los fenómenos, y promueve un nuevo enfoque, cuya base es el reconocimiento de la no linealidad, la irreversibilidad y el desorden, esencias de la transformación continua.

Algunos autores sustentan que la falta de un conocimiento profundo acerca de las posibilidades y restricciones de los recursos naturales propios, impide evaluar cuidadosamente el impacto en la transformación de la región debido a políticas macroeconómicas y sectoriales de mayor significación (Gligo, 1986). Por ello, Gligo plantea la necesidad de dominar y conocer el medio ambiente en las regiones desde una perspectiva general, ya que las transformaciones del territorio se dan en gran medida por la utilización y sobre explotación de los recursos naturales, los cuales influyen fuertemente en la posibilidad de producción de excedentes y en la activación económica. En este sentido, la bioregionalización del área objeto de estudio se realizó de acuerdo a la carta de uso del suelo del INEGI de 1977 E14B42 y E14B43, la cual incluye el ordenamiento de los asentamientos humanos, de las actividades productivas y de los aspectos naturales. El argumento central es que la aplicación de este enfoque de bioregión permite de manera más comprensiva abordar la complejidad de la interacción entre los subsistemas ecológico, económico, social e histórico (figura 7).

De acuerdo con Miller (1996:4) la bioregión *“denota un espacio geográfico que contiene un ecosistema completo o varios ecosistemas empotrados y se caracteriza por su topografía, cubierta vegetal, cultura e historia humana. Tal y como la reconocen las comunidades residentes, gobiernos y científicos. También implica un análisis económico, social y ecológico”*. En este sentido, Boisier (2000), argumenta que los límites de la demarcación territorial de las bioregiones normalmente no coinciden con la delimitación político-administrativa. Por ello, Boisier (2000:55) propone otra definición de bioregión, en la cual ésta es una *“región en cuya estructura sistémica hay un elemento de carácter ecológico que determina o condiciona la naturaleza y el funcionamiento regional”*.

Figura 7. Elementos que considera la bioregión

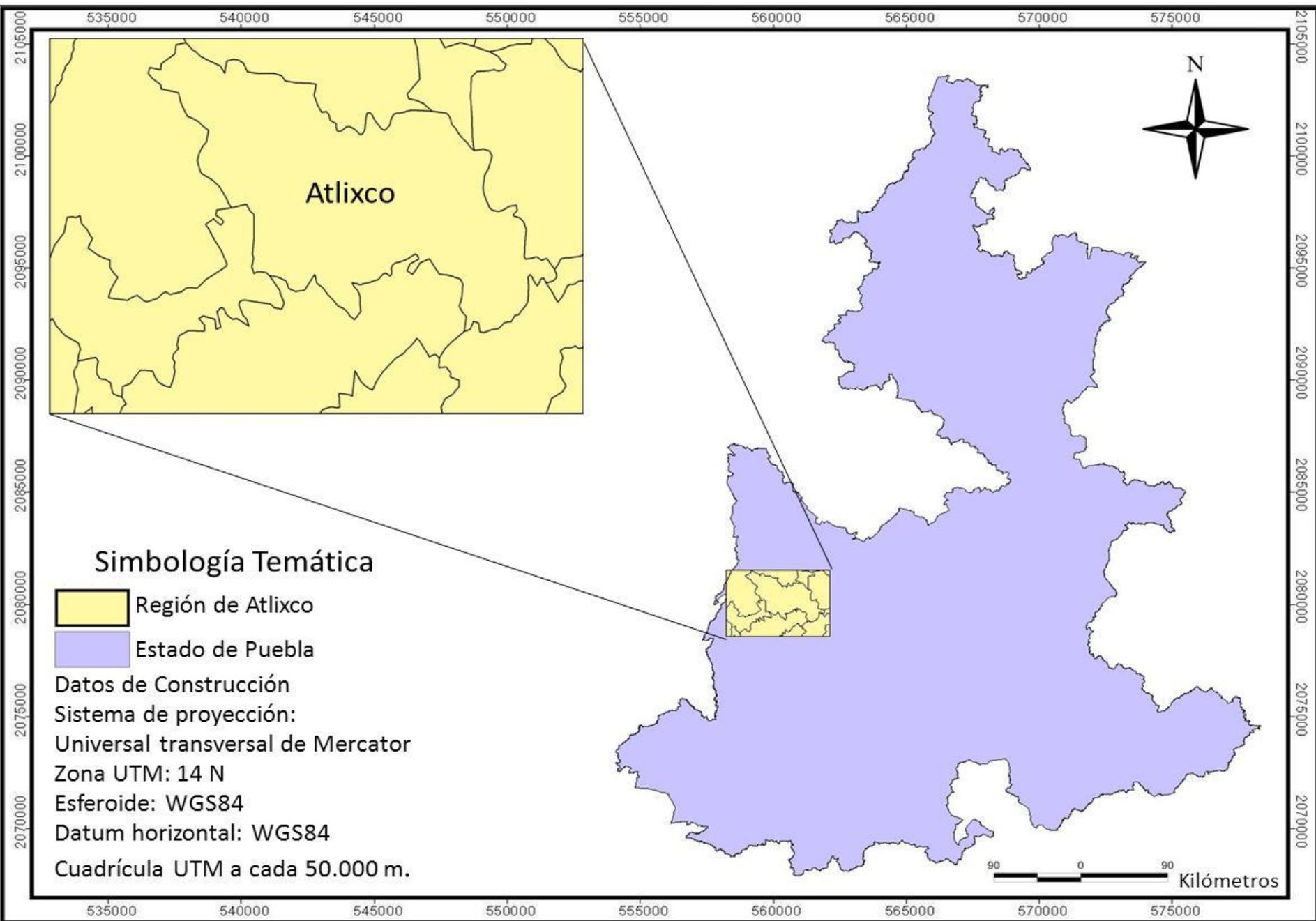


Fuente: Elaboración propia, 2011 con base en la información de Boisier (2000).

5.1 Ubicación del área de estudio

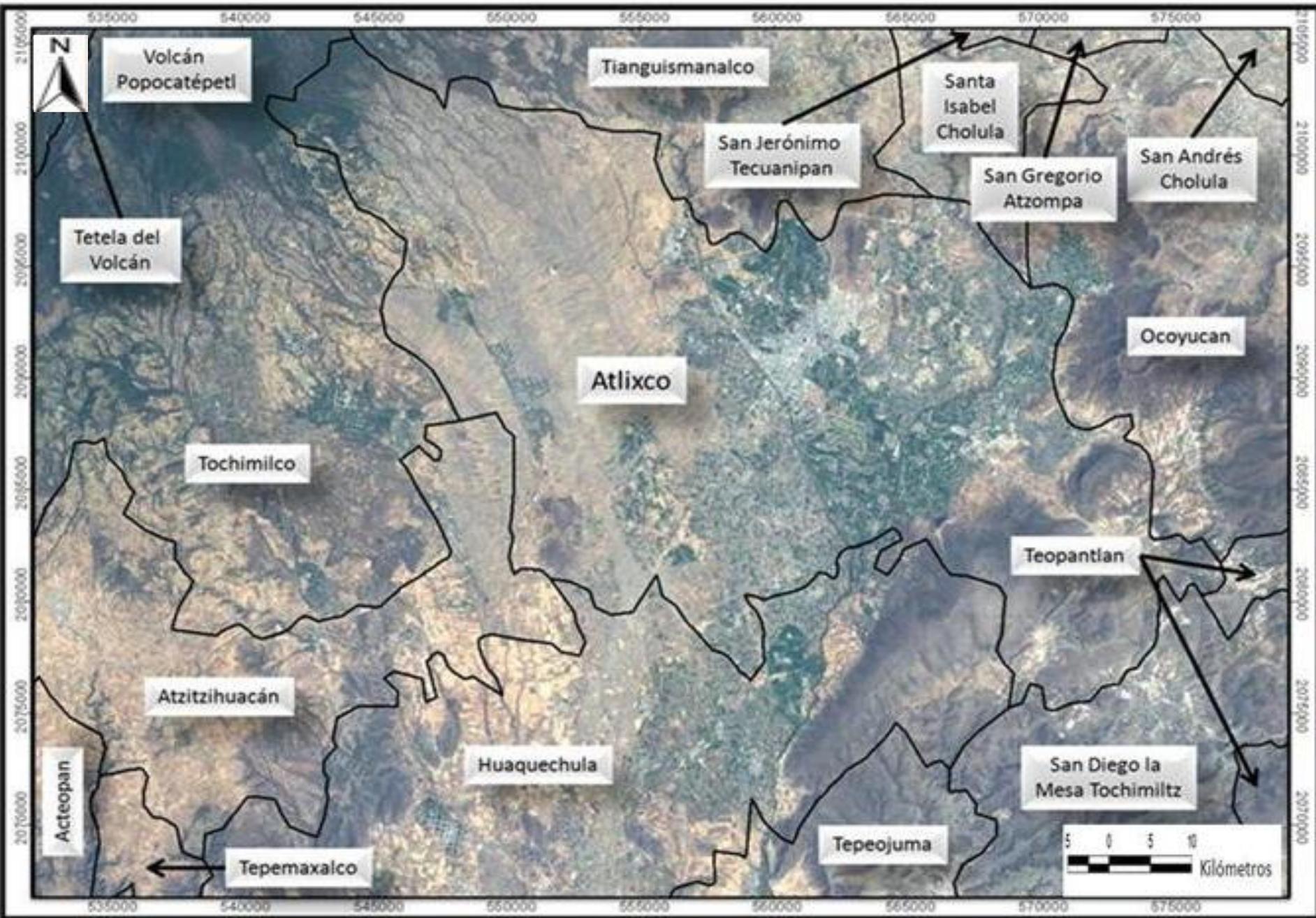
De acuerdo con lo propuesto por los autores anteriores con respecto al concepto de bioregión, existe en el área de estudio una estructura sistémica en donde hay un elemento de carácter ecológico que determina o condiciona la naturaleza y funcionamiento regional. En este sentido y con base en las cartas de uso del suelo y vegetación del INEGI, la región de Atlixco se encuentra ubicada en la parte centro-oeste del estado de Puebla y se encuentra entre los paralelos 18° 48' y 19° 00' de latitud norte; los meridianos 98° 19' y 98° 36' de longitud oeste (Figura 8); la cual está integrada en su totalidad por el municipio de: Atlixco que se encuentra en el centro-oriente, y en parte por los municipios de Huaquechula, Tepeojuma, Tepemaxalco, Acteopan y San Diego de la Mesa Tochimiltzingo al sur, Atzitzihuacán al suroeste, Tochimilco y Tetela del volcán al poniente, Tianguismanalco, San Jerónimo Tecuanipan, Santa Isabel Cholula y San Gregorio Atzompa al norte, San Andrés Cholula, Ocoyucan al nororiente y Teopantlan al suroriente (figura 9) . Los cuales abarcan en conjunto una superficie de 1,088.77 km², extensión que en su mayoría se encuentra en la parte sur del volcán Popocatepetl, aspecto geográfico sumamente importante para la vida de este valle, el cual limita al norte con la llanura de Cholula, al sur con el Valle de Izúcar de Matamoros, al poniente con las laderas del Popocatepetl y al oriente con la sierra del Tentzo (INEGI-Gobierno del Estado de Puebla, 1994).

Figura 8. Localización de la región de Atlixco.



Fuente: Elaboración propia 2011, basado en datos vectoriales del INEGI.

Figura 9. Municipios que contemplan la región de Atlixco.



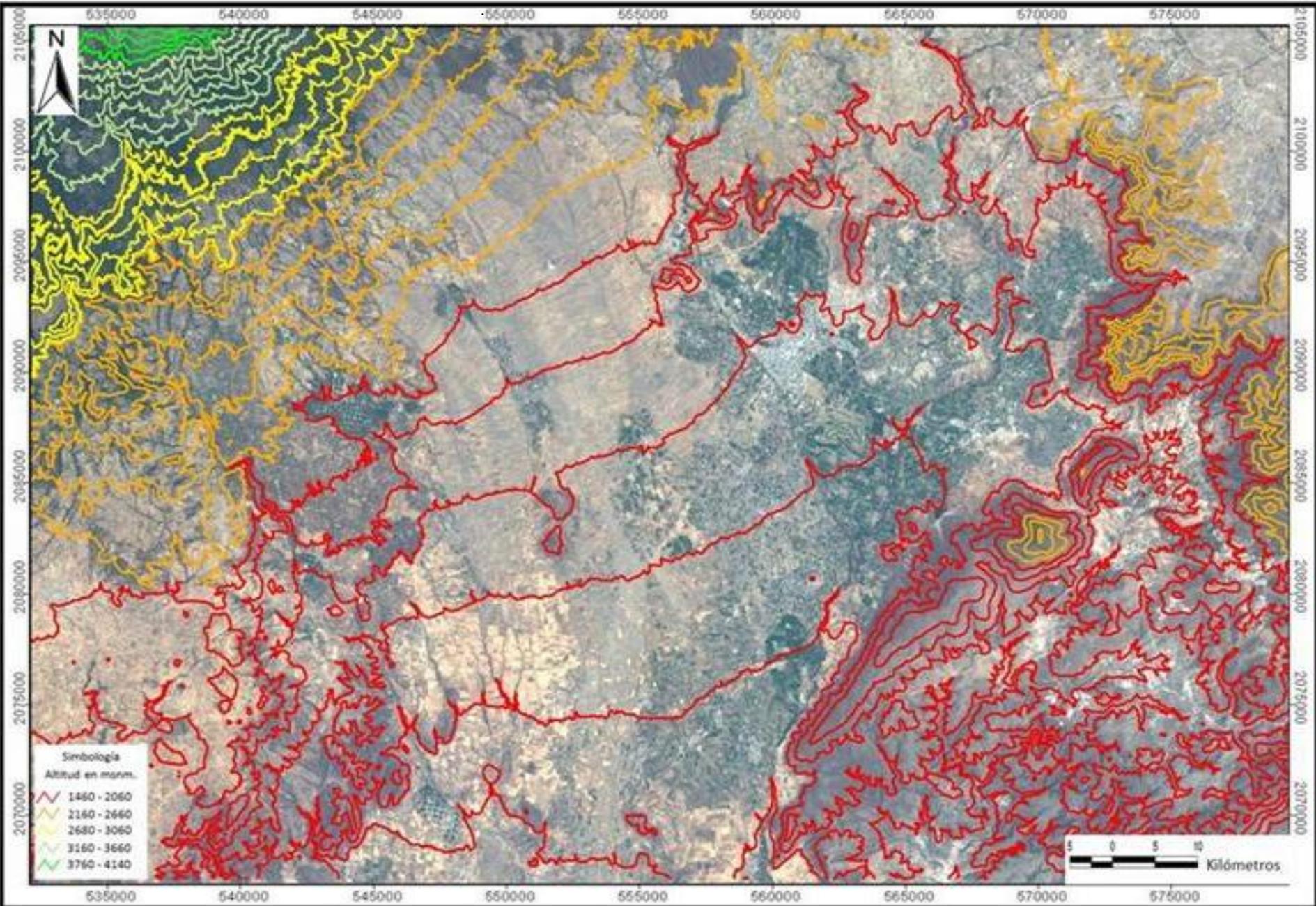
Fuente: Elaboración propia, 2011

5.2 Relieve

El relieve del terreno fluctúa entre los 3,000 y los 1,500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las faldas del volcán Popocatepetl son una de las elevaciones que enmarcan la región bajo estudio, la otra se ubica al oriente de la misma, formada por la sierra del Tenzó. El terreno presenta una inclinación general hacia el sureste, marcada por el descenso de las laderas del Popocatepetl. La pendiente disminuye gradualmente a medida que se desciende de dicha prominencia. La variación comprendida entre los 3,000 y los 2,000 metros de altitud tiene lugar en una distancia reducida, lo que propicia una inclinación muy pronunciada del terreno. En la figura 10 se puede apreciar la corta distancia entre las curvas de nivel en las laderas del Popocatepetl, también es posible observar que la pendiente del terreno es particularmente pronunciada en el suroeste, ya que la altitud desciende de 2,700 a 2,000 metros en tramos muy pequeños; en cambio se puede notar que entre los 2,000 y los 1,500 metros de altitud, las curvas son más distantes entre sí, lo que implica que la pendiente sea mucho menos pronunciada. Como se puede observar, la variación de la altitud se distribuye en una superficie amplia dando lugar de esta manera a una inclinación poco marcada con relación al rango de altitud descrito anteriormente.

Las partes más bajas se localizan hacia el este y el sureste por la cordillera del Tenzó, en la que se pasa a una distancia muy corta de los 2,200 a los 1,700 metros de altitud. Esta zona se distingue por su relieve abrupto, barrancas y escarpados cerros de poca elevación. En esta topografía se asientan Tochimilco, Huaquechula y las poblaciones aledañas. El límite de los asentamientos humanos se encuentra aproximadamente en la línea de los 2,600 metros sobre el nivel del mar.

Figura 10. Curvas de nivel de la región de Atlixco.



Fuente: Elaboración propia, 2011

5.3 Los Suelos

El relieve de la región sin lugar a dudas tiene mucho que ver con las clases de suelos identificados en este espacio, debido principalmente a que se encuentra una correspondencia entre su calidad agrícola y la inclinación. En general, los suelos que predominan en las zonas altas son de baja calidad agrícola y sus rendimientos son limitados, debido sobre todo a su composición, principalmente de arena (más del 50%), arcilla y limo. Sin embargo los suelos en el área del municipio de Tianguismanalco, situado hacia el noroeste, han sido clasificados como *regosoles eútricos* y *feozem háplicos*. Los primeros son suelos poco desarrollados, de material inconsistente y de origen no aluvial, los segundos son suelos jóvenes, poco desarrollados, que se distinguen por presentar en el subsuelo una capa que parece roca, mientras que en la superficie ofrecen acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro, y manganeso (Ortiz, 1990). Los *feozem háplicos* tienen una capa superficial oscura, rica en materiales orgánicos y nutrientes, pero su grosor varía de los terrenos planos -en los que presentan altos rendimientos- a los terrenos situados en laderas y pendientes, como es el caso de la zona de Tianguismanalco, en donde su productividad agrícola es baja.

Dicho en otros términos, las unidades de suelos que se encuentran en la zona de Tianguismanalco, hacia la sierra nevada, son potencialmente productivos en zonas planas, pero ahí la pendiente y la excesiva pedregosidad los convierten en terrenos con bajos rendimientos desde el punto de vista agrícola (INEGI, 1990). En esa área también se encuentra una pequeña fracción de *litosoles*, suelos que por sus condiciones no son aptos para la agricultura, ya que son pedregosos y delgados (Werner, 1978). En el norte, sobre la falda de la sierra nevada del Popocatepetl, encontramos un predominio de suelos clasificados como *Regosoles* que, generan bajos rendimientos agrícolas dada la pendiente (INEGI, 1983). Otra fuente señala que en esa zona también existen suelos *ranker* sin recubrimiento de otro tipo de suelos. Los *ranker* se formaron a partir de *lahares* o sedimentos de origen volcánico y se caracterizan por ser duros y compactos; contienen limo, arena, grava gruesa y en ocasiones bloques de piedra de varios metros de diámetro. La superficie de los *ranker* se caracteriza por ser oscura y rica en humus, pero es demasiado ácida por lo tanto infértil, aunque los bosques sí prosperan en ellos (Werner, 1978).

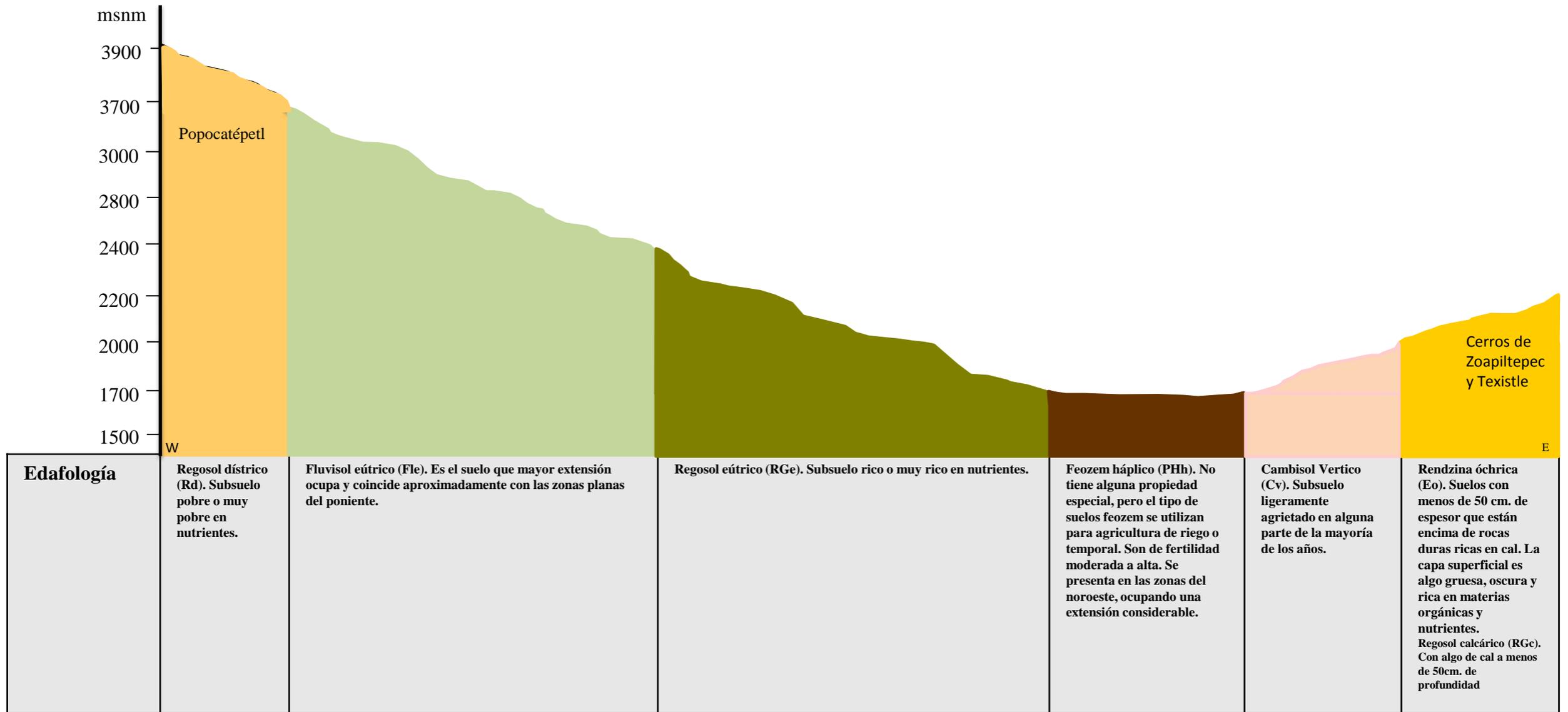
Otras porciones de suelos en Tianguismanalco han sido clasificadas como *cambisoles* con *duripán* y *andosoles*. Los primeros son suelos fácilmente erosionables. En el periodo de lluvias los espacios entre los poliedros se convierten en conductos del agua; después la fuerza de gravedad deshace la estructura y los materiales superficiales son arrastrados, de manera que las capas superficiales quedan expuestas a la erosión (Ortiz, 1990). Los *andosoles* tampoco proporcionan altos rendimientos agrícolas, pues retienen mucho el fósforo e impiden que éste sea absorbido por las plantas (Werner, 1978). En el noreste se presentan varios tipos de *cambisoles* y *litosoles*. Los *litosoles* son muy delgados y pedregosos para ser aprovechados en la agricultura. Por otra parte, los diferentes tipos de *cambisoles* tampoco proporcionan altos rendimientos, en especial los *cambisoles vérticos* (INEGI, 1983).

En la cordillera del Tentzo, en el oriente, predominan *litosoles*, completamente inservibles para la agricultura. Hacia el suroeste, rumbo a Tochimilco, abundan también los *litosoles* y a medida que se asciende se encuentran casi exclusivamente *andosoles*. En el área de Atzitzihuacán, en donde el ascenso hacia el Popocatepetl es más marcado que en las áreas mencionadas, existen varios tipos de suelos: *feozem háplicos*, *fluvisoles*, *regosoles*, *cambisoles* y una gran abundancia de *litosoles*. Estos tipos de suelos, excepto los *fluvisoles* y los *feozem háplicos*, se distinguen por ser poco o muy poco productivos. A las características poco favorables de esos suelos, hay que añadir la irregularidad del relieve, modelado en gran medida por escurrimientos intermitentes de agua proveniente de la sierra nevada. Se trata así de una zona surcada por numerosas barrancas. Una pendiente pronunciada combinada con suelos de baja calidad que configuran en Atzitzihuacán una zona de bajos rendimientos agrícolas (Ortiz, 1990).

En la parte sur, en las tierras bajas del valle en donde se encuentra el municipio de Huaquechula, se localizan grandes porciones de *litosoles* y varios tipos de *cambisoles*: *eútricos*, *cálcicos* y *vérticos*. Cabe decir que los *cambisoles* ofrecen rendimientos de medios altos en áreas de inclinaciones poco pronunciadas (Ortiz, 1990). En las mismas tierras bajas, espacio que coincide con el territorio que ocupa Atlixco y Huaquechula en donde la altitud desciende mucho más suavemente que en las áreas aledañas, factor determinante para que en esta área se depositen los materiales acarreados por las lluvias y las corrientes fluviales desde las zonas altas. Gracias a ello se formaron diferentes tipos de *fluvisoles* que cubrieron con el paso del tiempo los suelos *ranker*

de origen volcánico, los cuales, como se ha mencionado antes, son inadecuados para la agricultura si se encuentran descubiertos. Uno de los principales componentes de los *fluvisoles* es el limo, transportado por el agua desde las tierras altas y a cuya distribución han contribuido también los sistemas de irrigación implementados en la región desde la época prehispánica. Otros elementos básicos de los *fluvisoles* son la arena, la arcilla y la grava, cuyas proporciones varían, dando lugar a distintas clases de suelos. Según Werner, el hecho de que bajo los *fluvisoles* se encuentre una capa de *ranker* representa una ventaja, pues permite la conservación del agua en las capas superiores. Los *fluvisoles* se encuentran entre los suelos más propicios para la agricultura. Debido principalmente, a que estos suelos son más ligeros y al mismo tiempo con una capa de tierra arable más profunda, hasta dos metros en el mismo corazón del Valle de Atlixco (figura 11) (Werner, 1978).

Figura 11. Perfil altitudinal edafológico de la región de Atlixco, Puebla



Fuente: Elaboración propia, 2011 basado en datos vectoriales del INEGI.

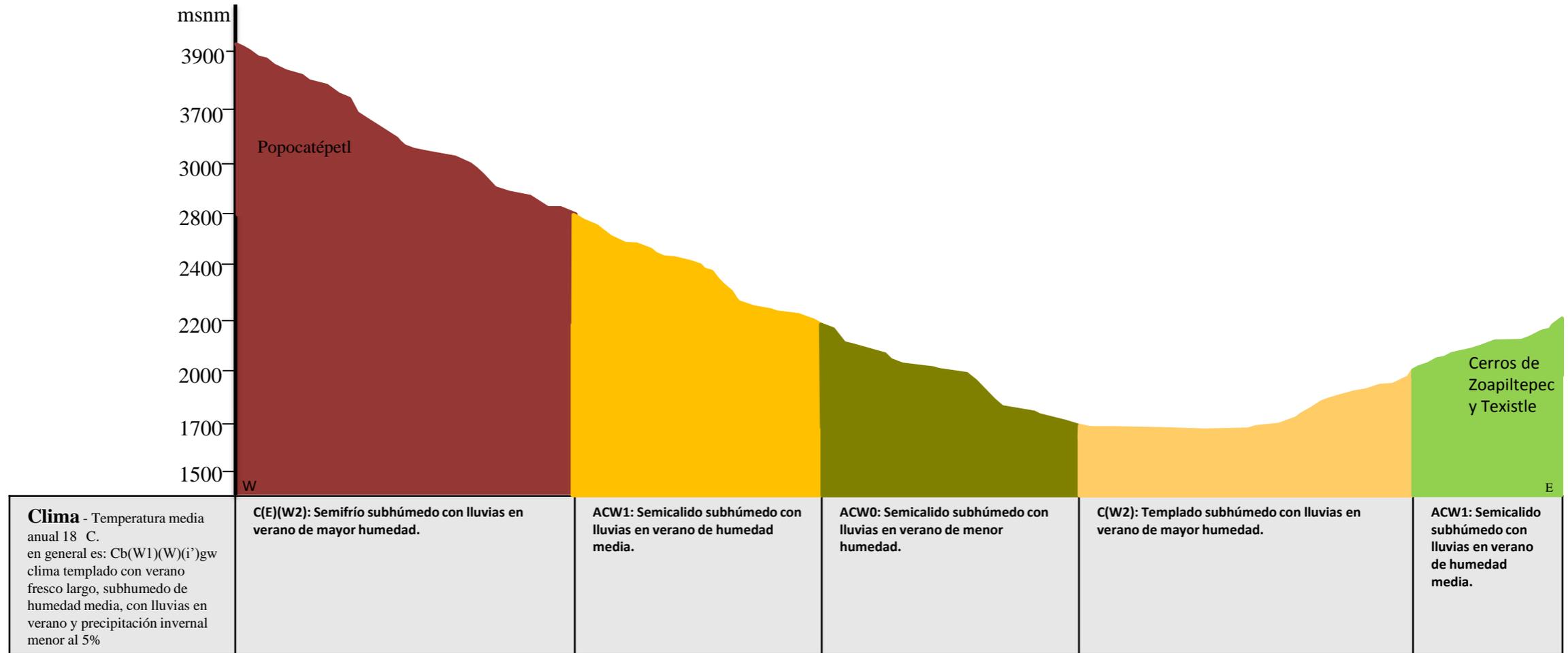
De acuerdo con el mapa edafológico del INEGI (1983), una parte de las tierras bajas, situada aproximadamente desde la barranca El Carmen hacia el río Nexapa y el inicio de la cordillera del Tentzo, está formada por suelos de tipo *feozem háplico*. Esta clase de suelos presenta bajos rendimientos y es fácilmente erosionable en las laderas; pero en áreas de poca inclinación presenta altos rendimientos, sobre todo si hay disponibilidad de agua. En la parte baja también existen suelos clasificados como *chernozem*, que son agrícolas por excelencia, gracias a su abundancia de nutrientes (Ortiz, 1990).

En resumen, en las partes altas de la región los distintos tipos de suelos tienden a ser poco productivos, característica asociada con la marcada inclinación del terreno y con la pedregosidad. Esos suelos son altamente susceptibles a la erosión y los nutrientes se han trasladado a las partes bajas, proporcionando de esta manera fertilidad y por ende mayores rendimientos agrícolas a los suelos de la parte baja de la región y deteriorándolos en las zonas altas.

5.4 Clima

El clima de la región de Atlixco, de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1988) son: ACW1: Semicalido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media, 36.82% ,ACW0: Semicalido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad, 6.86%, C(W2): Templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, 33.21%, C(E)(W2): Semifrío húmedo con lluvias en verano de mayor humedad, 1.41%. Los datos de la información climatológica general para la región son: Cb(W1)(W)(i')gw'', lo que significa que existe un clima templado con verano fresco largo, subhúmedo de humedad media, con lluvias en verano y precipitación invernal menor al 5%. Presenta poca oscilación térmica, marcha de temperatura de Ganges (intertropical), y su existe influencia de canícula (sequía relativa de medio verano) (Gobierno del Estado de Puebla, s.f.). Las características principales de la temperatura son: temperatura máxima 25°C; temperatura media de 18°C y temperatura mínima de 11°C. Las oscilaciones térmicas que se han registrado son la máxima de 32°C en el mes de abril y la mínima de 2°C en el mes de enero; por lo que estas condiciones climatológicas hacen de esta región una zona adecuada para la actividad agrícola y en especial para la floricultura (figura 12) (Comisión Nacional del Agua CNA, 2003).

Figura 12. Perfil altitudinal climático de la región de Atlixco, Puebla



Fuente: Elaboración propia, 2011 basado en datos vectoriales del INEGI.

El clima también varía según la altitud. De acuerdo con una clasificación climática elaborada por Lahuer y Stihel (1973) para toda el área de Puebla-Tlaxcala, el área de estudio presenta tres tipos de climas que atienden las siguientes variables: la temperatura, el número de meses de lluvia y la cantidad de precipitación. Tomando en cuenta estos factores los autores encuentran que entre los 2,400 y los 2,100 metros de altitud el clima es fresco, semiárido y semilluvioso. La temperatura media en este rango de altitud es de alrededor de 15°C, llueve durante seis y hasta siete meses y la precipitación pluvial anual rebasa los 900mm, llegando en las partes más altas a los 1,100mm.

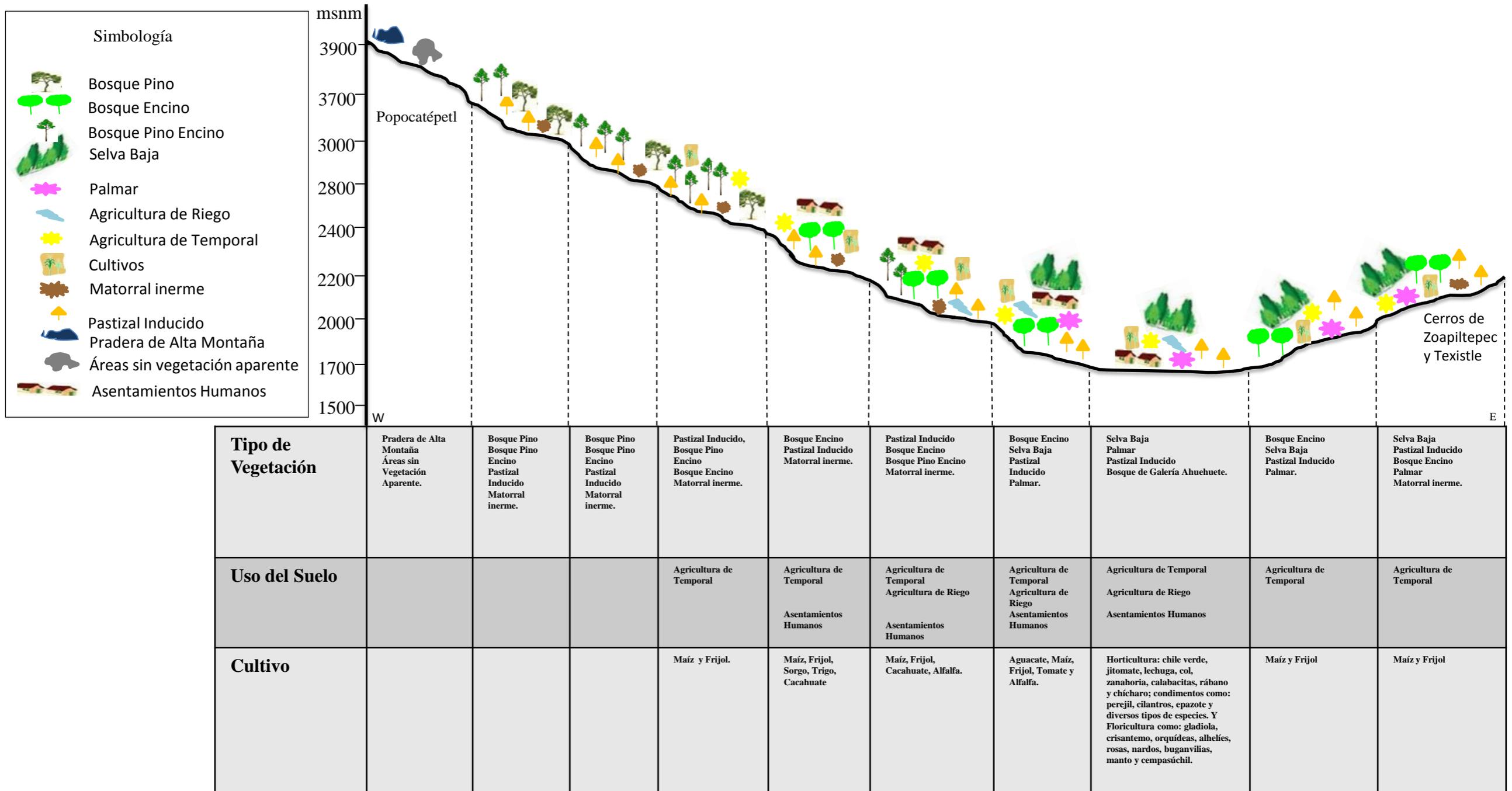
Cabe señalar que en estas tierras altas la incidencia de las heladas es de 20% a 70% por año. Entre los 2,100 y los 1,800 metros de altitud el clima ha sido clasificado como templado, semiárido y semilluvioso. La temperatura media anual aumenta por lo menos cuatro grados respecto de la del rango superior de altitud, pues según Lauer (1973) varía entre 17 y 19°C, de acuerdo con Fuentes Aguilar (1972) el incremento es mucho más notable, pues la temperatura media anual en esa altitud se encuentra entre los 18 y los 22°C. Además, llueve durante cinco meses del año -que van desde mediados de mayo o principios de junio hasta septiembre- y la precipitación total anual es de 877mm. Es decir, la cantidad de precipitación disminuye sensiblemente respecto de la de las zonas más altas. Por otra parte, destaca que la frecuencia de las heladas es menor con respecto a las tierras más altas (0 a 50). De los 1 800 a los 1 500 metros de altitud el clima característico es semicálido semiárido, y varía de semilluvioso a semiseco (Garavaglia, 1996). La temperatura media anual es de entre 22 y 26°C. También llueve durante cinco meses, pero la precipitación anual es de 819mm., volumen inferior al de las partes más altas. En esta zona la incidencia de las heladas es prácticamente cero (Fuentes, 1972).

5.5 Vegetación

Los principales tipos de vegetación en la región son cultivos anuales de riego y temporal, bosques de pino, oyamel y encino, selva baja caducifolia, matorral inerme y espinoso y pastizal inducido existen los ejemplares de *Brahea dulcis* (Kunth) Mart nombre común: palma real, la *Forestiera phillyreoides* (Benth.)Torr., *Dodonaea viscosa* Jacq., R., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg, *Myroxylon* (Lf) DC., *Bursera cerasifolia* Brandegee, (J.L.) León, Ceiba pentandra (L.) Gaertn., *Pinus* sp., *Cupressus* sp. (Xiprer), a pesar de que existe mucha tala en la región

existen algunas áreas en donde el bosque fue talado y actualmente están ocupadas por especies arbustivas, existen zonas en donde los árboles dominan por cobertura, pero por dominancia domina el palmar, en donde esta condición se debe al excesivo disturbio (Figura 13) (Trabajo de campo, 2010; INEGI, 1977).

Figura 13. Perfil altitudinal de vegetación de la región de Atlixco, Puebla

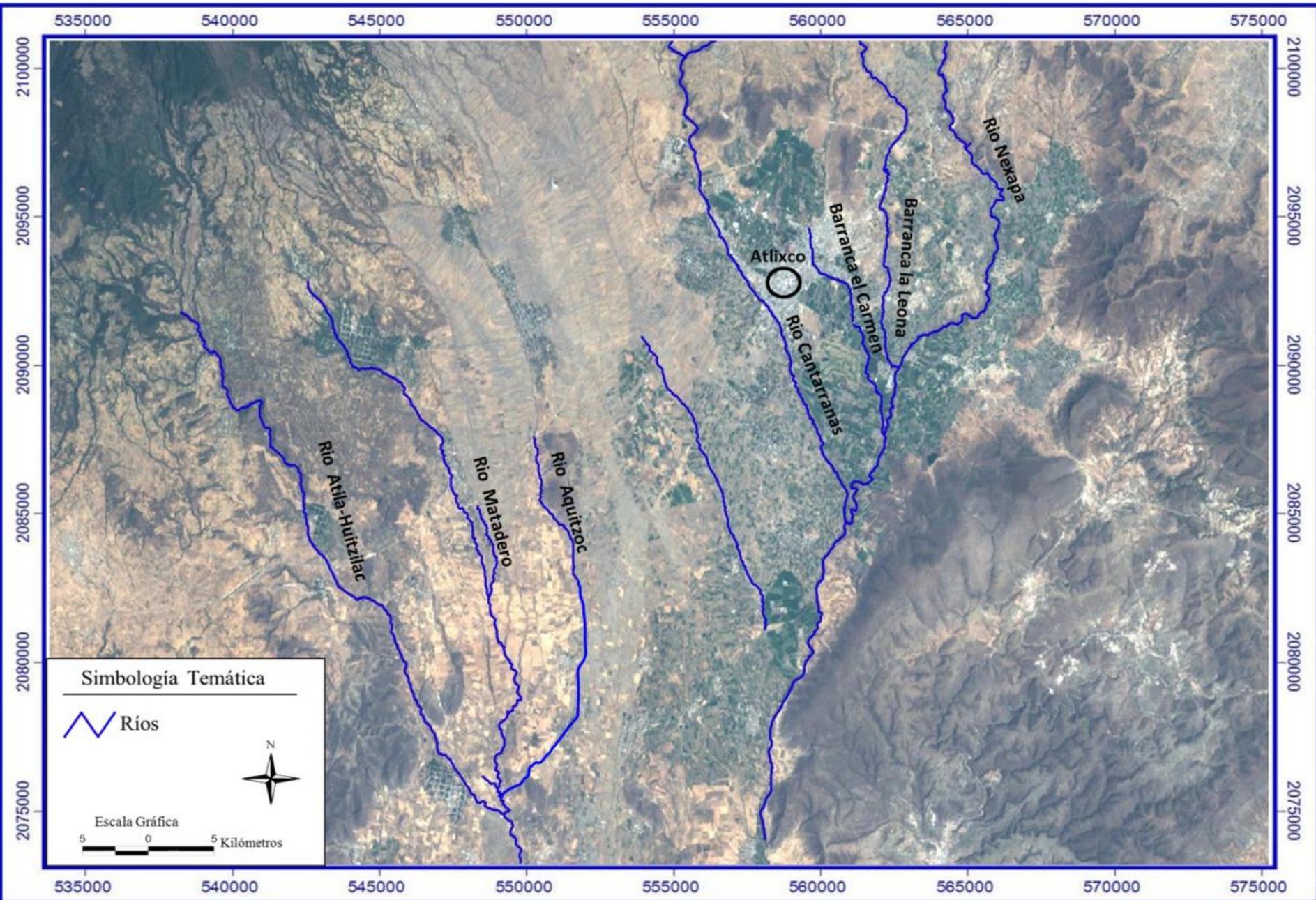


Fuente: Elaboración propia, 2011 basado en datos vectoriales del INEGI.

5.6 Hidrografía

La región pertenece a la Subcuenca del río Nexapa afluente del río Atoyac, en donde se concentran la mayor parte de los asentamientos humanos. Al sureste se encuentran formaciones montañosas, en los cerros de Zoapiltepec y Texistle, con 2,100 m.s.n.m.; también existen unos cerros aislados al norte, como el Pochote, Tecuitlacuelo, loma La Caldera, el Charro (INEGI, 2001). El valle es regado por numerosas corrientes que provienen de las estribaciones del Iztaccíhuatl, uno de los pocos de carácter permanente y que cruza por la mitad del valle. Otras corrientes importantes son: el Cuescomate, el río Molino y el río Palomas. Las numerosas corrientes temporales, originadas por deshielos del volcán, forman una gran cantidad de barrancas al Noroeste. Los recursos hídricos de la región se usan para la agricultura y para fines recreativos y turísticos (INEGI, 2001). La región pertenece a la cuenca del río Nexapa (Figura 14). En las partes bajas de esta cuenca y en las faldas del volcán Popocatepetl se originan escurrimientos que recoge el río Nexapa drenando la región con dirección norte-sur, hasta unirse al río Atoyac o Mezcala, en el estado de Guerrero (Paredes, 1991). Dentro de la misma cuenca corren otros arroyos que van a unirse al Nexapa en distintos puntos de su cauce, formando pequeños sistemas fluviales, distintos entre sí. Destacan el sistema del río Cantarranas, que recorre las poblaciones de San Baltasar Atlimeyaya, San Pedro Atlixco, Metepec, Atlixco, San Diego Acapulco y Santa Ana Coatepec y otros arroyos que irrigan el Valle de Atlixco que también desembocan en el Nexapa como Cuescomate, la Leona y el Carmen, así como el río Aquitzoc, el matadero y el río Atila- Huitzilac los cuales desembocan en el municipio de Huaquechula.

Figura 14. Corrientes de agua perenne de la región de Atlixco, Puebla..



Fuente: Elaboración propia, 2011 basado en datos vectoriales del INEGI.

Además de los ríos y arroyos naturales, el valle se encuentra prácticamente irrigado en su totalidad gracias a innumerables acequias y canales construidos por el hombre desde la época prehispánica. El sistema de riego, que se alimenta de la nieve de los volcanes del Popocatepetl y el Iztaccihuatl, se complementa con la temporada de lluvias, que inicia regularmente entre abril y mayo, para terminar en octubre. El número promedio de días de lluvia al año fluctúa entre los 80 y los 100. Las fluctuaciones anuales de lluvia son menos acentuadas en el área comprendida entre Mazapa, la ciudad de Puebla y el Valle de Atlixco; por lo que éste es un lugar propicio para la agricultura de temporal.

5.7 Medio Económico

En la región existen diversas actividades económicas las cuales se pueden agrupar en agropecuarias, de transformación y servicios. En la primera se toman en cuenta la agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca; la segunda incluye minería, petróleo, gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción; y en la última se incluye al comercio, transporte, gobierno, financieros, salud, educación, recreación, turismo y servicios. Desde 1970 se ha observado un incremento de dichas actividades económicas mientras que existe una disminución notable en las actividades agropecuarias y un aumento en las de transformación y servicios, esto relacionado en gran medida con la migración al extranjero (Enlace, 2006).

La parte central de la región, específicamente el municipio de Atlixco tiene una gran actividad agrícola, en donde se cultiva alfalfa y produce una variedad de granos como: maíz, trigo, frijol, sorgo, cebada, garbanzo, haba y cacahuate; en cuanto a la horticultura destaca el chile verde, jitomate, lechuga, col, zanahoria, calabacitas, rábano y chícharo; también se encuentran condimentos como: perejil, cilantro, epazote y diversos tipos de especias. Con relación a la fruticultura se encuentran plantaciones de guayabas, chirimoya, anona, jícama, limón, lima, granada y durazno; de manera especial destaca el aguacate criollo y variedades mejoradas. Es importante mencionar a la floricultura ya que el clima del municipio es ideal para el desarrollo de una extensa variedad de flores como: gladiola, crisantemo, orquídeas, alhelíes, rosas, nardos, buganvillas, manto y cempazúchil, principalmente. Sobresale la producción de ganado bovino

para carne y leche y porcino; también se cuenta con lanar, caprino, equino así como mular y asnal³.

En el aspecto industrial sobresale la fabricación de alimentos, elaboración de bebidas, industria textil, fabricación de prendas de vestir, industrias metálicas básicas, maquinaria y equipo trabajan cuero, pieles, cartón y vidrio, así como molienda de nixtamal, tortillerías y matanza de ganado. En el sector industrial se cuenta con 10 fábricas de distintas actividades de las cuales: 4 de Confección de Ropa, "Pionera Apparel" que se encuentra en la colonia El León; "Déborah Confecciones" se localiza en la Col. Francisco I. Madero; "ROA" y "Maquiladora del Valle de Atlixco" que se encuentra en la Col. Flores Magón; Fábrica Textil "El Volcán" en la Col. El Volcán; una de Material de Construcción "Atoyac" en la Col. El Carmen; una de Material Eléctrico y Electrónico "PIA" en la Col. Centro; una de empacadora de legumbres "La Providencia" en la Col. Los Ángeles; una Fábrica de Muebles "Salas Cisne" en la Col. Los Molinos; una de Productos de Hongos "Industria Setaria" en la Col. La Moraleda. Además existen 18 talleres de producción de alimentos en diferentes colonias de la ciudad y Juntas Auxiliares, así mismo, existen 10 talleres artesanales⁴.

³ Informe estadístico administrativo de la municipalidad de Atlixco (1 de enero de 2001) en AHMA, presidencia, 107-1.

⁴ Comprobantes de apertura de giros mercantiles (diversas fechas, 2007) en AHMA, Presidencia, 148-1.

VI. RESULTADOS

6.1 La transformación rural-urbana de la región de Atlixco, Puebla del periodo prehispánico al siglo XX.

El tema central de este trabajo es el cambio del uso del suelo agrícola a urbano en la región de Atlixco, Puebla, considerando los orígenes de los procesos que han marcado de manera significativa dichos cambios desde el periodo prehispánico hasta el siglo XX. Lo que se busca es analizar el complejo proceso histórico de transformación del *habitus* de la población, como resultado del cambio del uso del suelo. Se parte de la idea de explicar la situación agrícola-urbana de la región, identificando los factores estructurales que han promovido la disminución de las áreas destinadas a las actividades agrícolas. En este sentido se contemplan factores generales internos y externos que inciden directamente en esta dinámica.

La región de Atlixco ha pasado por tres grandes etapas históricas que han marcado su desarrollo; en primer lugar una etapa en que predominaron las actividades agrícolas que va desde el período prehispánico al siglo XIX. Una segunda etapa va del siglo XIX a principios del XX donde se presenta un desarrollo textil que da inicio a una profunda transformación social y productiva de la región. Por último, una tercera etapa que principia en 1960 con la tercerización de la economía y la urbanización del territorio.

6.1.2 Comunidades indígenas en la época prehispánica en Atlixco.

Los primeros asentamientos humanos se ubicaron en las cercanías de los ríos, arroyos y manantiales, como por ejemplo: Huaquechula, Axocopan, Santa Ana Coatepec, San Pedro Atlixco y Santa María Tochimilco que eran irrigados por ríos como el Cantarranas, el Nexapa o bien poseían nacimientos de agua, además de escurrimientos estacionales. También, existen evidencias en San Juan Portezuelo o San Francisco Huilango de que los indígenas modificaban el terreno para facilitar la llegada del agua a los cultivos tales como: maíz, frijol, calabaza, chile, huautli, chíá, aguacate, zapote, guayaba, tejocote, mamey, maguey, algodón y nopal (Malpica,

1989). La vecindad con Huejotzingo y Calpan, así como la integración de este señorío a la triple alianza, hacían que en la región se practicara una agricultura de tipo intensivo para poder abastecer a los principales centros urbanos. El uso continuo de la tierra evidencia que se utilizaba el sistema de temporal y en la época de secas un sistema de riego que implicaba organización del trabajo, relaciones de producción, organización social y tecnología agrícola de importancia (*Ibíd.*).

Se tienen datos sobre esta región que datan de 1443 con dos señoríos importantes, el de Tochimilco y el de Huaquechula. El primer señorío se encontraba asentado en las faldas del volcán Popocatepetl, en lo que hoy forma el municipio del mismo nombre de Tochimilco, y el segundo en el valle, en lo que hoy son los municipios de Huaquechula, Atzitzihuacán y el de Atlixco. Incluso se afirma que el primer centro de este último señorío estuvo primero en lo que hoy es la ciudad de Atlixco, pero sus pobladores fueron expulsados por los guerreros del señorío vecino de Huejotzingo y Calpan (Garavaglia, 1996).

La historia de la región de Atlixco está vinculada con el señorío de Huaquechula, ya que geográficamente estuvo dentro de sus dominios. Desde entonces la región se encuentra poblada, formando parte del área mayor conocida como Puebla-Tlaxcala y desde esa época el valle fue cultivado intensivamente, dando origen a una agricultura importante. El riego fue uno de los principales elementos que permitieron la intensificación agrícola, en donde la mayoría de las tierras de humedad y de riego fueron explotadas anualmente o en forma continua (Rojas y Sanders, 1985). Fue también una franja cultural relevante en el nivel mesoamericano, en lo que destaca la importancia religiosa debido a santuarios relacionados posiblemente con sus manantiales y arroyos permanentes (Pérez, 2001).

Al llegar los españoles encontraron a la región en plena lucha, entre Tenochtitlán y la alianza de la transmontaña Cholula, Tlaxcala y Huejotzingo. Ello favoreció la alianza de estos últimos con los españoles y posibilitó la lucha de Huaquechula contra todos. Hernán Cortés derrotó directamente a este señorío en 1519 y lo sometió a su servicio durante la conquista. La zona fue repartida entre los españoles, los cuales encontraron campo fértil para sus proyectos, gracias a una infraestructura de riego prehispánica y a la presencia de una gran población indígena con

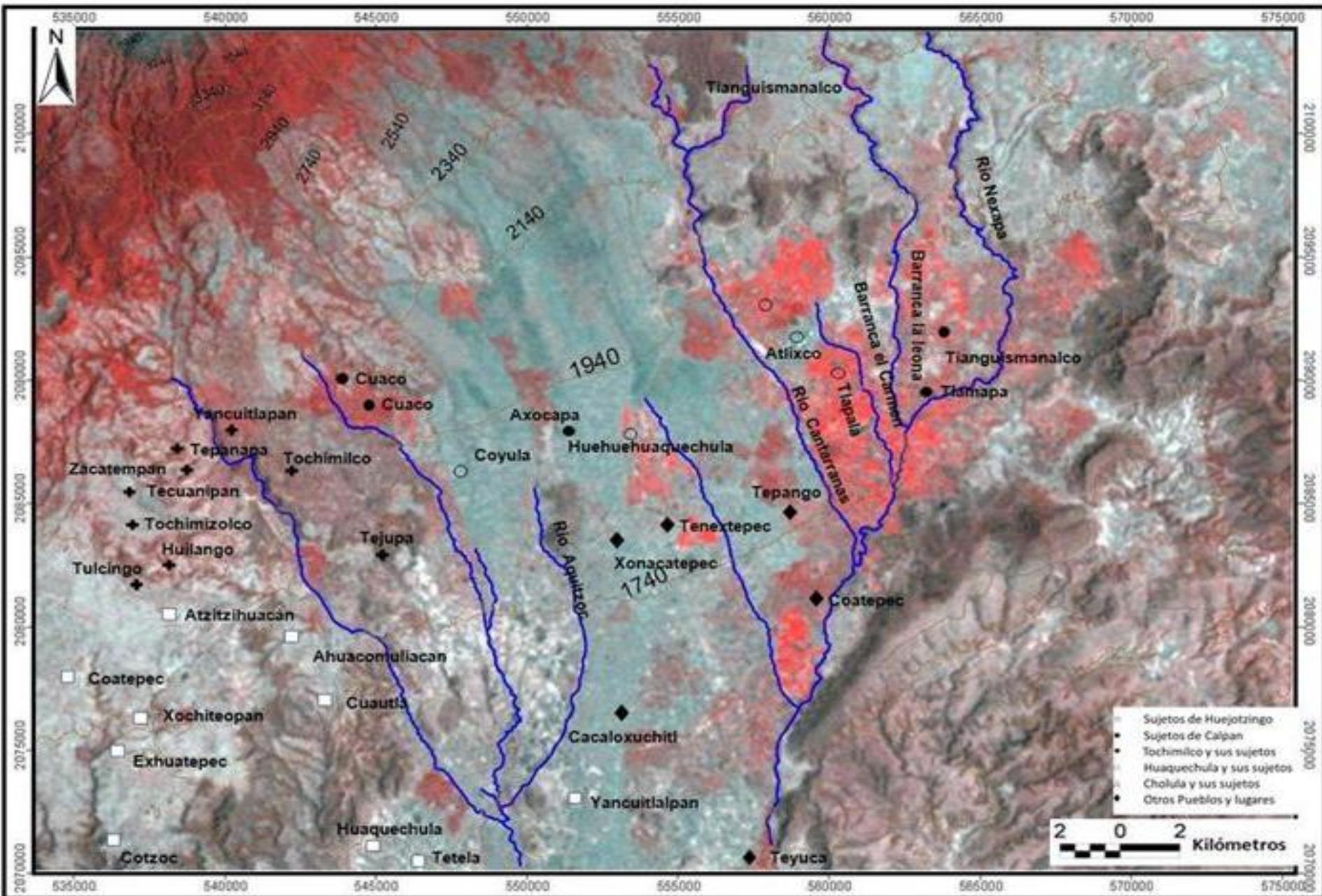
experiencia agrícola, iniciando con esto en 1530 la explotación agrícola del Valle de Atlixco (Rojas, 1991).

6.1.3 Conquista hispana: transformación agrícola y explotación de los recursos naturales.

La agricultura hispana fue hábilmente apropiándose de las tierras ricas en suelos negros y con disponibilidad de agua. Los monocultivos vendidos del viejo continente, como la caña de azúcar o trigo, fueron progresando en vez de los cultivos asociados de los indígenas. El interés mercantil de la agricultura española iba marcando su sello y provocando un cambio radical en la región (Rojas, 1991). La ocupación de las tierras aparentemente abandonadas, fue en corto tiempo y permitió su ubicación como zona de frontera bajo una justificación legal y política (Paredes, 1991) y hacia 1580 ya existían las primeras propiedades en manos españolas en la zona de Atlixco y en otras de temprana ocupación (Rojas, 1991).

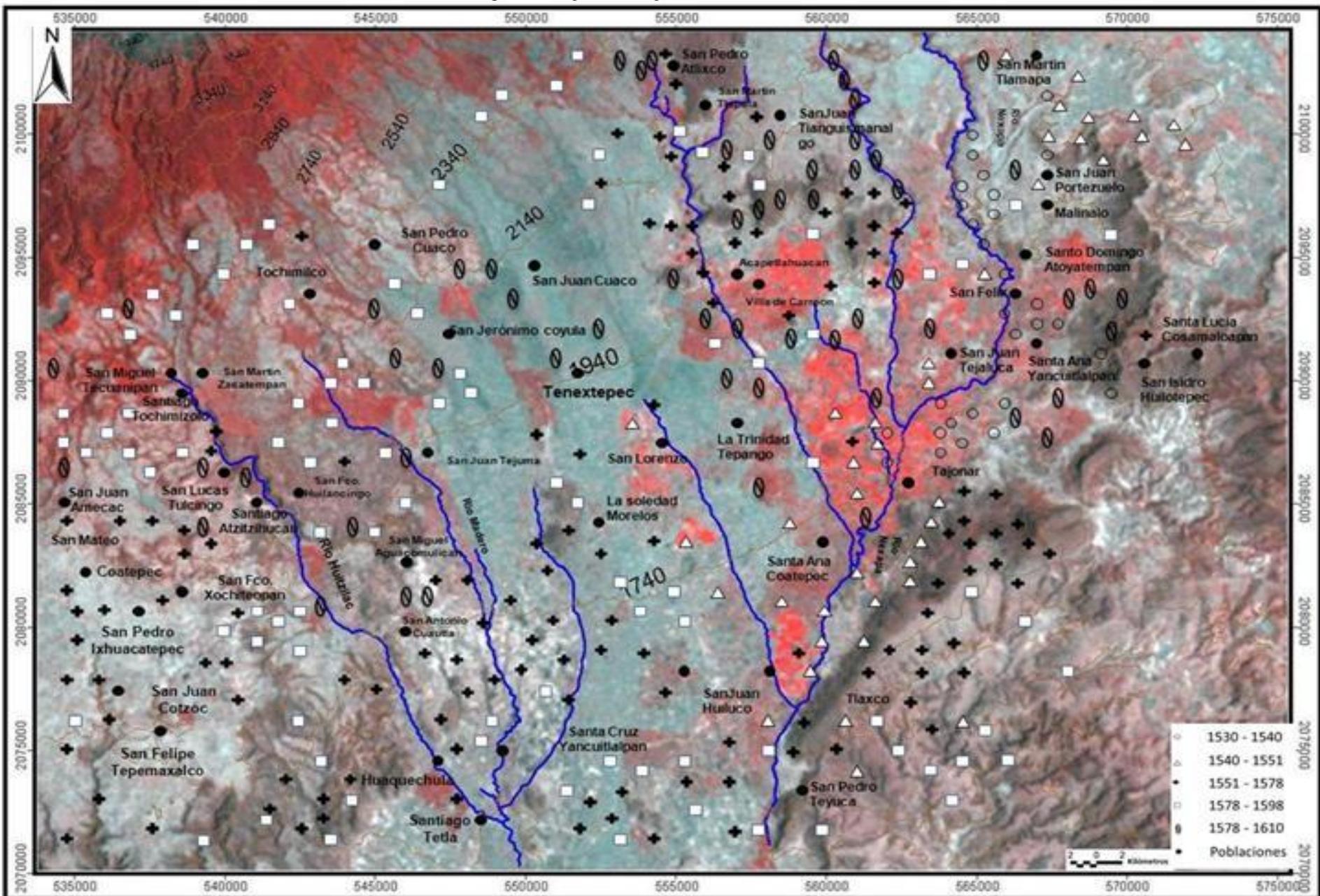
A los pueblos de origen indígena, que aparecen en la Figura 15 (sobre los pueblos y sus territorios entre 1443 y 1519), se sumaron los pueblos fundados por los españoles entre 1530 y 1610, lo cual se puede observar en la Figura 16 en el que se define la presencia española. Entre pueblos de origen indígena, se pueden mencionar a Axocopan, Coyula, Tepango, Cuauco, Huexocapan y Zoapiltepec y de los pueblos fundados por los españoles a San Juan Portezuelo, Santo Domingo Atoyatempan, Santa Lucía Cosamaloapan, San Isidro Huilotepec, San Juan Tejaluca, San Félix Hidalgo y Santa Ana Yancuitlalpan, cuya primera aparición fue como haciendas. De los 29 ejidos que existen en la actualidad en Atlixco, ocho tienen un origen indígena y seis se originaron a principio de la colonia, aunque es posible que fueran asentamientos indígenas anteriormente pero que no tuvieron mucha importancia.

Figura 15. Señoríos indígenas y sus territorios 1443 - 1519.



Fuente: Paredes Martínez, Carlos S. La región de Atlixco, Huaquechula y Tochimilco. La sociedad y su agricultura en el siglo XVI. CIESAS. FCE. Gob. del Edo. de Puebla. México. 1991.

Figura 16. La presencia española entre 1530 – 1610.



Fuente: Paredes Martínez, Carlos S. La región de Atlixco, Huaquechula y Tochimilco. La sociedad y su agricultura en el siglo XVI. CIESAS. FCE. Gov. del Edo. de Puebla. México. 1991.

Con la llegada de los españoles al valle de Atlixco se dio inicio al cultivo sistemático de la tierra confrontándose dos tecnologías agrícolas: la ibérica y la indígena. Desde la consolidación del poder español hasta el siglo XVI la producción agrícola y autóctona fue la base de la naciente economía novohispana. El desarrollo de la agricultura colonial española en el valle utilizó la infraestructura hidráulica prehispánica y la aportación española fue el arado que facilitaba el cultivo de extensiones mayores a diferencia de la coa o el bastón plantador. Sin duda el factor al que recurrieron los españoles para la obtención de buenas cosechas fue el agua más que el abono, los descansos de la tierra o la conservación de los suelos (Malpica, 1989).

La confrontación tecnológica de las dos culturas (prehispánica y española) ocasionó fenómenos de intercambio, adopciones, adaptaciones y experimentación en los campos de cultivo, entre los más significativos se encuentran los siguientes:

- a) *Modificaciones del terreno.* Se construyeron canales de riego, tomas de agua y camellones para desviar los ríos de su cauce natural, se siguió utilizando el sistema de terrazas de los campos de cultivo mediante la siembra del maguey, práctica que se extendió entre los cultivadores españoles, ya que además de consolidar el suelo y evitar el deslave servían para el deslinde de los terrenos.
- b) *Instrumental.* La introducción del arado fue el elemento técnico más importante, aunque en los terrenos de cultivo inclinados se siguió utilizando la coa. El uso del hierro fue también muy importante al constituir instrumentos como el machete o el azadón.
- c) *Sistemas y técnicas de cultivo.* El intensivo, el de humedad, el de "año y vez" y el extensivo. Siendo ocupadas por los españoles las tierras mejor dotadas desplazando a los indios a las tierras de temporal, aun cuando existieron algunas tierras de indios con riego como en Tochimilco y Huaquechula.
- d) *Repertorio de plantas cultivadas.* Es notorio de una manera importante el sincretismo cultural, en donde se encontraban indios que cultivan trigo y españoles que cultivaban maíz, preferentemente para el comercio. Sin embargo, los indios se interesaron más por

los frutales europeos tales como el naranjo, lima, membrillo, manzana, pera, durazno, higo, granada, nogal y piñón. Otro cambio en el paisaje agrario lo constituyeron el ganado mayor y menor, cuya introducción se dio de manera paralela al desarrollo agrícola español.

- e) *Cambios sociales.* La nueva dominación impuso sus órdenes en el terreno político, administrativo, económico, y social. La baja demográfica indígena facilitó la congregación con el fin de la evangelización.

A partir de la llegada de los españoles, otra actividad económica que comienza a cobrar importancia en la región es la ganadería. Iniciada como complemento de la agricultura, muy pronto se extendería a otros beneficios regionales más amplios, provocando así la necesidad de la ocupación de más y nuevos terrenos para el pastoreo. Durante buena parte de la época colonial, el alimento animal fue básicamente a partir de pastos naturales y no de plantas cultivadas específicamente para ello, de manera que esa fue la razón primordial de la ocupación de grandes extensiones de terreno. En este sentido las zonas marginales del valle, el sur del mismo y los terrenos al norte de Huaquechula fueron las áreas donde básicamente se ocuparon para el pastoreo del ganado. Algunas canteras situadas al norte de la ciudad de Atlixco y en los alrededores de Tochimilco, fueron también explotadas y útiles para las construcciones necesarias en los asentamientos humanos (Zavala, 1982).

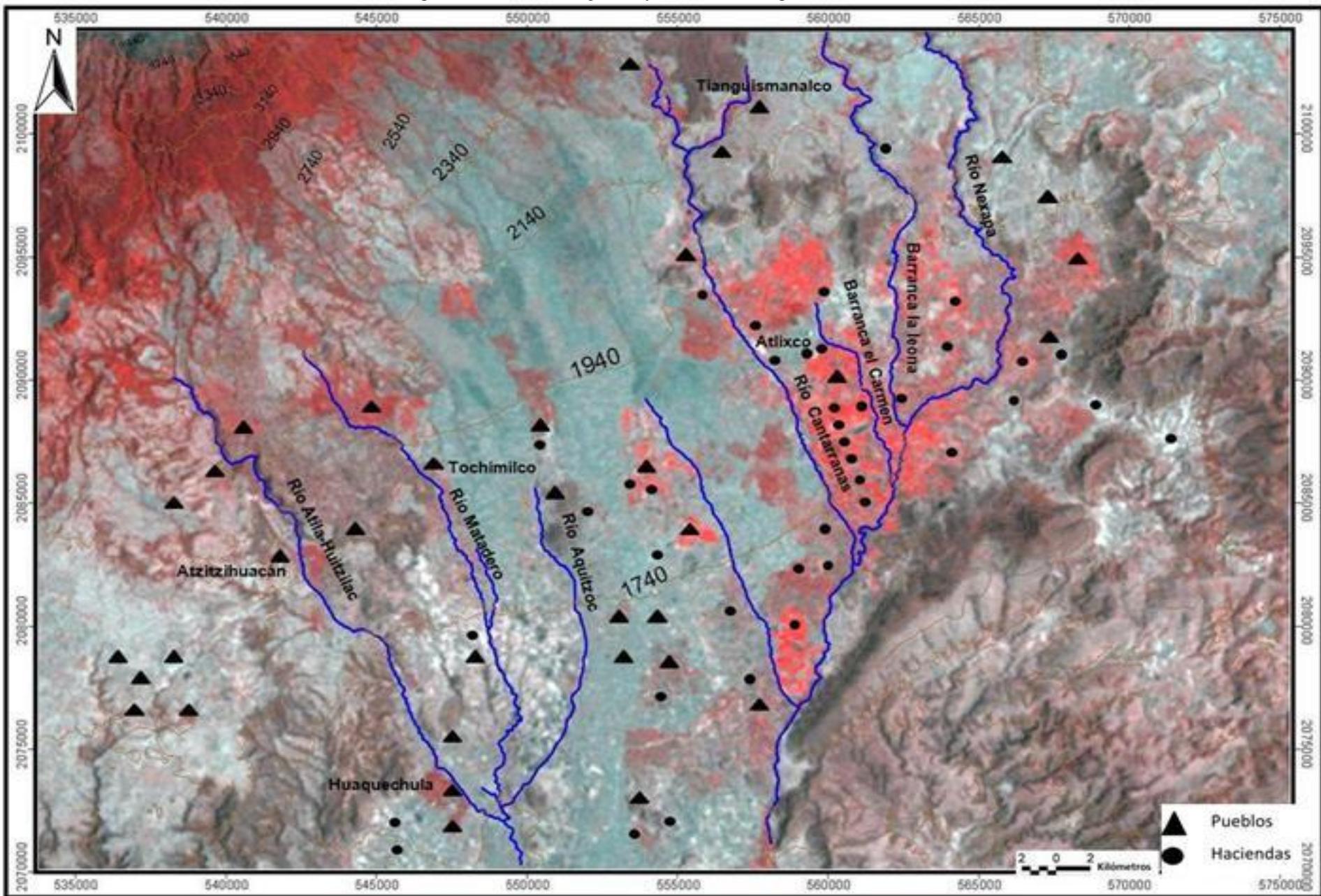
A raíz de la presencia española en la región, los cambios en la cobertura vegetal sucedieron con mayor rapidez que en la época prehispánica: se extendieron las zonas de cultivo, se ampliaron las áreas de irrigación, el ganado mayor y menor ocupó terrenos antes de reserva, los bosques se fueron reduciendo y convirtiendo en parajes con vegetación herbácea y el agua de las corrientes se utilizó ahora como fuente de energía para mover molinos. Otros cambios menos evidentes pero que sin duda también repercutieron en la sociedad fueron en los suelos y el clima (Paredes, 1991). No se tienen evidencias para esta época sobre la erosión del suelo y los cambios en el clima, sin embargo, es seguro que se presentaron a medida que se incrementaba el uso del suelo en las partes con pendiente y cuando se talaban los bosques (Boserup, 2005). Hacia el año de 1622 la población india de Huaquechula se quejaba ante las autoridades españolas por la

excesiva sustracción del agua en el valle que hacían los agricultores hispanos, por la cual su pueblo no recibía agua. (AGN, Indios, vol. 9, exp. 352, f. 175).

Para el último cuarto del siglo XVIII, el próspero Valle de Atlixco, granero de la nueva España, enfrentaba serios problemas en su agricultura. Se pensó que estos problemas se debían a que las unidades poblanas eran menos eficientes en comparación con las del Bajío, sin embargo estudios realizados por Lipsett (1987) han demostrado que la producción poblana no sólo declinaba en comparación con la de otras zonas, sino en números absolutos, este descenso tenía sus causas en los cambios ecológicos que durante 300 años se habían ido produciendo en la región gracias a la deforestación y al pastoreo intensivo (Rojas, 1991).

Es importante hacer la aclaración que desde la colonia una parte considerable de las tierras bajas habían pasado a formar parte de propiedades privadas de los españoles y habían quedado integradas en haciendas y ranchos. Estas importantes tierras productivas ocupaban preferentemente las tierras alledañas a los ríos Nexapa y Cantarranas y las corrientes llamadas El Carmen y la Leona (véase figura 17). Las tierras bajas del valle comprendían aproximadamente 23,347 hectáreas, de las cuales alrededor de un 27.5% eran de riego y éstas se concentraban principalmente en el municipio de Atlixco. Sin duda desde aquellas épocas este ha sido uno de los territorios más codiciados, tanto por la calidad de sus suelos como por su disponibilidad de agua; en donde la concentración de las haciendas fue especialmente notable en torno al río Cantarranas y dejando de esta manera la mayor parte de las tierras altas menos fértiles, de temporal y sin agua de riego en manos de los pueblos (Castañeda, 2005).

Figura 17. Distribución de pueblos y haciendas en la región de Atlixco.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Castañeda (2005).

6.1.4 La hacienda como detonador de cambio y desarrollo urbano

A mediados del siglo XVI la región se había convertido en monoprodutora de trigo y eran los habitantes en torno al valle los que aportaban la mano de obra, identificándose los trabajadores de repartimiento, bajo un sistema de rotación temporal y trabajadores bajo alquiler voluntario de los que se distinguían dos tipos: los estacionales que laboraban en las haciendas durante las épocas de mayor requerimiento como la escarda y la cosecha y los permanentes quienes residían con todo y su familia en la hacienda o unidad de producción (Paredes, 1988).

En la segunda mitad del siglo XVI el desarrollo tecnológico se hace patente ya que la mayor parte de trigo producido se transformaba en harina en los molinos del mismo lugar, considerándose al valle de Atlixco como "el granero de la Nueva España", en donde la mano de obra no escaseó debido a la existencia de las comunidades indígenas, las cuales fueron puestas al servicio de los españoles para el trabajo agrícola y otras actividades (Pérez, 2000). Es importante mencionar que con la llegada de los españoles los indios fueron despojados de la mayor parte de sus tierras, sin embargo, sus asentamientos prevalecieron.

La permanencia marginal de los pueblos se dio junto y para servir a la nueva estructura agraria de la colonia, "la estructura de la hacienda". Las comunidades indias no desaparecieron pues lucharon por subsistir y porque eran necesarios para los españoles para hacer producir sus haciendas. Haciendas enclavadas en las que antes habían sido sus tierras y que en ese tiempo les fueron enajenadas. La hacienda pasó a ser el eje de la nueva estructura agraria de la región. Según Günter (1988), la estructura de la hacienda se configuró desde la época colonial y casi no se modificó hasta finales del Porfiriato, de las 50 haciendas que se contaron en la región en el año de 1792, para 1910 se registraron solamente 40 haciendas pequeñas, la mayoría con menos de 500 ha y excepcionalmente de 1 000 a 2 000 ha, pero bastante productivas. La producción de la región se especializó en el trigo, iniciando de esta manera una importante industria harinera (Paredes, 1991).

A mediados del siglo XIX, surgen las haciendas casi capitalistas, que absorbieron todos los adelantos tecnológicos en la producción agrícola y ganadera, y que introdujeron servicios de apoyo a esta producción, como fueron el ferrocarril, el telégrafo y el teléfono (Günter, 1988). El acceso a estos elementos, hacia finales del Porfiriato, obedeció al montaje que en esos tiempos se empezó a realizar en la región de siete fábricas textiles, las cuales tuvieron que contar con el ferrocarril para traer la maquinaria y los servicios que necesitaban. Las haciendas estuvieron en condiciones de aprovechar las nuevas circunstancias, lo que demuestra su capacidad productiva y el carácter innovador de los hacendados. No se trató de una zona con haciendas tradicionales, sino fuertemente sensibles a las demandas del mercado internacional, regional y local ante un naciente proletariado industrial que se especializó, dando forma a una industria harinera, pero que también se diversificó para responder al mercado local con verduras, frutas y leche.

Esta diversificación fue el inicio de la explotación de los bosque altos con una tendencia a convertirlos en zonas de vegetación y de formaciones herbáceas, proceso iniciado desde la época prehispánica, e intensificado en gran medida a partir de la presencia española, sobre todo con la introducción del ganado, la ampliación de nuevas áreas destinadas al cultivo, el requerimiento de madera para las distintas construcciones urbanas, así como para combustible (Barlow, 1963).

La fábrica textil fue una de las ramas de la producción industrial más favorecidas durante el Porfiriato. Una de las causas fue la fuerte protección otorgada por el gobierno, que llevó a un rápido descenso de las importaciones de telas procedentes de Inglaterra. El aumento de la demanda de la clase media y popular de los centros urbanos también impulsó su crecimiento, lo mismo que el incremento de los grupos asalariados. Los años iniciales de la década de 1890 marcan un parteaguas en la industria textil debido principalmente a la introducción en gran escala de maquinaria moderna, desplazando rápidamente de esta manera a la producción artesanal (Rosenzweig, 1965).

Existen evidencias de que en el área aledaña al río Cantarranas, desde los últimos años de la década de los 80's, por lo menos una de las dos fábricas textiles establecidas en la zona -La Carolina- estaba aumentando su producción, seguramente por la oportunidad que brindaba la mejoría en el transporte ofrecido por el Ferrocarril Interoceánico a partir de 1893, motivo por el cual se comenzaron a presentar iniciativas para fundar otras fábricas textiles. Ángel Díaz Rubín,

propietario de la fábrica La Concepción, empezó a ver la posibilidad de establecer una fábrica más, que finalmente logró poner en marcha en 1898. Ese mismo año inició actividades otra fábrica en las instalaciones del antiguo molino de trigo llamado El Volcán. La otra fábrica, El León, inició sus trabajos en 1899. En 1901 se fundó la fábrica de San Agustín los Molinos en las riberas de la parte alta del río Nexapa; y finalmente se estableció la última y más grande fábrica textil en la zona, Metepec, la cual inició operaciones en 1899 y que ocupaba a su vez el segundo lugar en todo el país por su número de telares¹.

La construcción de las fábricas e instalaciones necesarias para su funcionamiento, implicó cambios en el paisaje pues se construyeron edificios para la maquinaria, presas, canales, tuberías y caseríos. También se tendieron nuevas líneas férreas; una de ellas, de tracción animal, daba servicio urbano y comunicaba a la fábrica El León con la ciudad de Atlixco; la otra, construida por la compañía propietaria de la fábrica de Metepec, partía de la estación del Interoceánico establecida en El Molino de San Mateo, pasaba por Metepec y continuaba en torno de las laderas del Popocatepetl hasta llegar a la fábrica de papel San Rafael, en el estado de México, para después seguir hacia la ciudad de México. Estas líneas ya se encontraban en funcionamiento en 1902².

El crecimiento y establecimiento de nuevas fábricas implicó la atracción de mano de obra y por consiguiente el aumento de la población, incluso antes de que dieran inicio sus operaciones. Un ejemplo de ello fue la construcción de la fábrica de Metepec, la cual inició operaciones en 1899 y demandaba alrededor de 3 400 trabajadores semanales que se distribuían entre la construcción de los edificios para la maquinaria, la apertura de canales, colocación de tuberías, tendido de vías férreas y el levantamiento del caserío aledaño a la fábrica³.

Es importante señalar que el crecimiento de la población de Atlixco así como de sus localidades aledañas en las que tendió a concentrarse es un indicador del auge económico de las unidades

¹ Estadística industrial (1 de febrero de 1903) en AHMA, Presidencia, 62-1. La fábrica textil más grande de todo el país era la de Río Blanco, ubicada en Orizaba. Haber, Industria, 76-77.

² Oficio de Francisco Escobedo al jefe político del distrito (30 de diciembre de 1899) y noticia de los teléfonos y los ferrocarriles en el distrito de Atlixco (1 de mayo de 1902) en AHMA, Gobernación, 409-1 y Presidencia, 51-2; Argüelles, Asuntos de ferrocarriles, s.p.

³ Oscuro de P. F. Síntesis al secretario de Fomento, Comercio e Industria (4 de septiembre de 1899) en AHMA, Asup, 4206, 56674, 11-12.

productivas a las que correspondían esas localidades: pueblos, haciendas, ranchos, fábricas o la misma ciudad de Atlixco, en el siguiente cuadro se puede observar los años de mayor crecimiento de la población (Castañeda, 2005).

Cuadro 5. Población del distrito de Atlixco, 1871-1921

| Año | Número de Habitantes |
|-------------|-----------------------------|
| 1871 | 36 805 |
| 1879 | 37 142 |
| 1891 | 39 785 |
| 1900 | 53 304 |
| 1910 | 58 572 |
| 1921 | 43 247 |

Fuente: Boletín de la Sociedad, 1871; Busto, estadística de la República Mexicana, I, LIII; Ministerio de Fomento, Boletín semestral, 8, 19-22; Secretaría de Agricultura y Fomento, Colonización e Industria; Censo (1900); Dirección de Estadística, División Territorial (1910) y departamento de la Estadística Nacional, Censo (1921).

En el cuadro anterior se puede observar que durante los años comprendidos entre 1891 y 1910 se presentó un incremento de la población en el distrito de Atlixco del 32%, aumento notable si se considera que durante los veinte años anteriores a 1891 el crecimiento de la población había sido de tan solo el 2.6%. A este respecto señala Castañeda (2005) que probablemente la cifra de población del distrito correspondiente a 1910 no revela el aumento máximo de la población en Atlixco durante el periodo, pues la crisis económica de 1906 generó un problema de sobreproducción en la industria textil que llevó al despido de una cantidad considerable de obreros, originando varias huelgas y que en consecuencia muchos trabajadores se vieran obligados a buscar mejor suerte, ya fuese en otros centros fabriles o en sus lugares de origen, o bien solicitaron tierras para colonizar otros puntos del país, disminuyendo significativamente la población máxima alcanzada para este periodo (1890-1910). Es importante aclarar que el ritmo de crecimiento de la población del distrito de Atlixco entre 1891 y 1910 contrasta con la situación del distrito de Puebla, cuya población disminuyó un 7% entre 1890 y 1900 (Welti,

1987). De acuerdo con datos de investigación de Castañeda (2005) el siguiente cuadro sugiere que el aumento poblacional se concentró en el municipio de Atlixco.

Cuadro 6. Población por municipalidad del distrito de Atlixco, 1890-1921.

| <i>Municipio</i> | <i>1890</i> | <i>1894</i> | <i>1897</i> | <i>1900</i> | <i>1910</i> | <i>1921</i> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Atlixco | 10 532 | | | 21 085 | 28 265 | 20 102 |
| Tochimilco | | 9 398 | | 9 299 | 9 725 | 7 881 |
| Atzitzihuacán | | | 3 589 | 3 698 | 3 878 | 6 722 |
| Tianguismanalco | | | 6 140 | 7 333 | 6 003 | 5 054 |
| Huaquechula | | | | 11 889 | 10 491 | 3 391 |

Fuente: Tomado de Castañeda (2005:102).

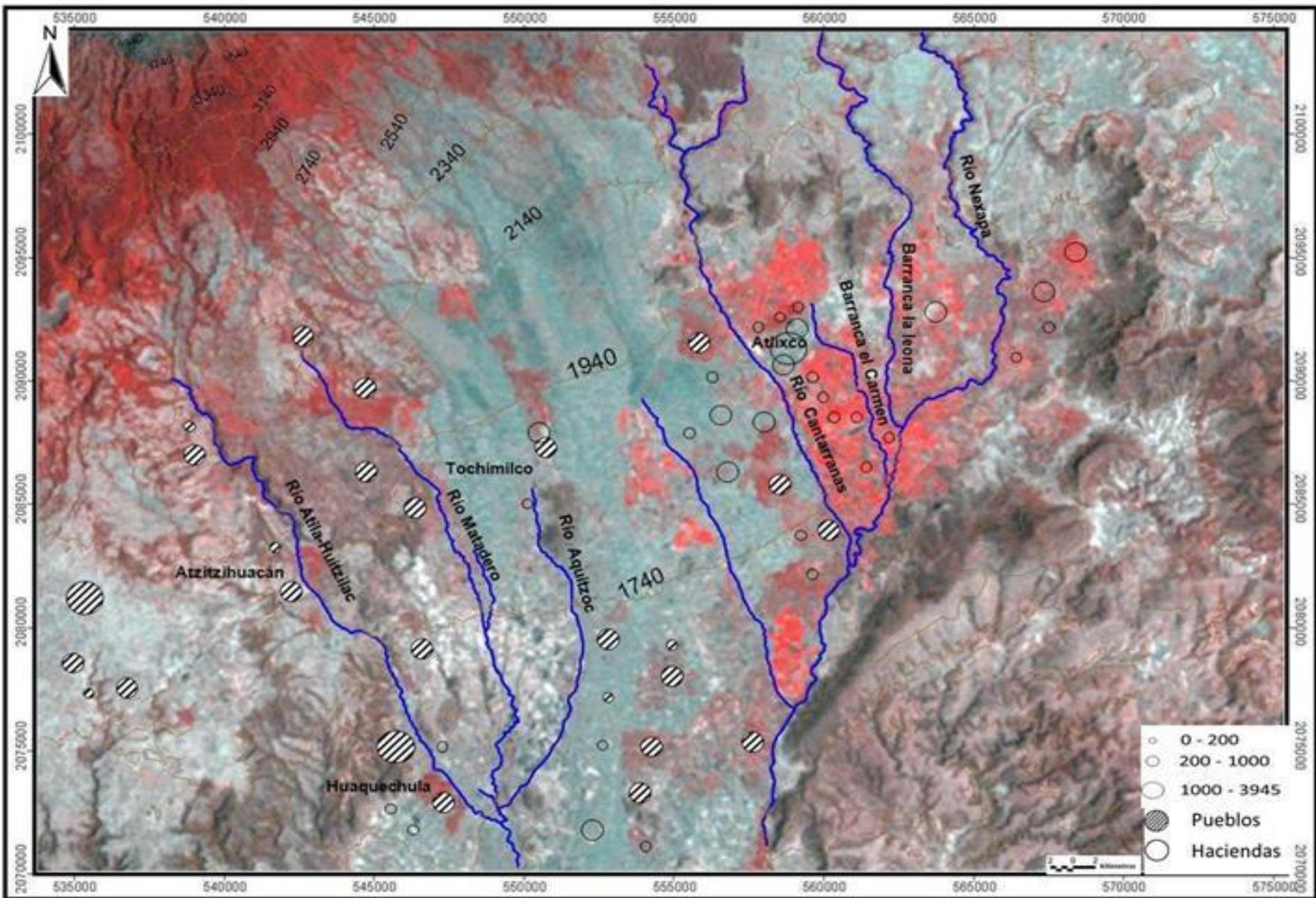
De los 18,787 habitantes que representaron el crecimiento de la población del distrito entre 1891 y 1910, 17 733 fueron absorbidos por el municipio de Atlixco. Los restantes 1,054 habitantes correspondieron a pequeños incrementos en los municipios de Tochimilco y Atzitzihuacan. En cambio, como se puede observar Tianguismanalco y Huaquechula perdieron más de 1000 habitantes cada uno entre 1900 y 1910. Probablemente la disminución en esos dos municipios tenga relación con el hecho de que el crecimiento de la población del distrito entre 1900 y 1910 se calculó en 5 058 habitantes, mientras que la de Atlixco tuvo un incremento de 7,180 habitantes durante el mismo periodo. Como se puede apreciar, existe una diferencia de casi dos mil habitantes entre el crecimiento de la población del distrito y el correspondiente a Atlixco en esa década. Es posible que esos dos mil habitantes provinieran de los municipios de Huaquechula y Tianguismanalco, atraídos por el auge de Atlixco. Es decir, quizá el municipio de Atlixco no sólo absorbió la inmigración de áreas lejanas, sino que también atrajo a la población de algunos municipios del mismo distrito (Castañeda, 2005).

El análisis de la distribución de la población antes de 1895 ofrece dificultades, en virtud de que no existen censos completos del distrito de Atlixco anteriores al de ese año. En el archivo municipal de Atlixco se resguardan numerosos padrones, pero ninguno comprende la totalidad de los asentamientos del distrito durante un año determinado. Por tanto, la información demográfica disponible sólo permite una aproximación a la distribución de la población (véase Figura 18).

Los padrones de Atlixco, Tochimilco y Atzitzihuacán correspondientes a 1870 y 1871 permiten contabilizar un total de 20,760 habitantes; de ellos 13,029 residían en los asentamientos correspondientes a los pueblos de Tochimilco y Atzitzihuacán, ubicados en las tierras altas; 4,935 se concentraban en la ciudad de Atlixco y 2,474 se localizaban en los asentamientos pertenecientes a las haciendas ubicadas en las tierras bajas. Se puede concluir que la densidad poblacional era mayor en las tierras altas que en las tierras bajas, ya que en éstas un número de habitantes considerablemente menor se repartía en la superficie más amplia en la cual se extendían las haciendas (11,798 has). Sin embargo, en las mismas tierras bajas destacaba un punto de gran concentración de la población formado por la ciudad de Atlixco, los Solares Grandes y Chicos de Acapetlahuacan y los asentamientos de las dos fábricas textiles⁴.

⁴ Padrón de la municipalidad de Atlixco (1870); padrón de algunos ranchos y haciendas de la municipalidad de Atlixco (1871); padrón vecinal de diversas poblaciones del distrito de Atlixco (1871) y padrón de algunos pueblos y cuarteles del distrito de Atlixco (1871) en AHMA, Gobernación, 115-4, 118-2, 120-5 y 120-6. De acuerdo con el censo de 1870, el distrito tenía 36,805 habitantes, por lo que podemos suponer que aproximadamente 16,000 habitantes se distribuían entre Huaquechula y Tianguismanalco.

Figura 18. Distribución de la Población de Tochimilco, Atzitzihuacán y Atlixco. 1870-1871.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Castañeda (2005).

Este crecimiento de la población de Atlixco en 17,733 personas en 20 años corresponde al 95% de los 18,787 habitantes en que se calculó el aumento de la población de todo el distrito durante el mismo periodo. Es evidente que gran parte del crecimiento de la población se concentrara en Atlixco, cuyo número de habitantes ascendió en 4,406 entre 1890 y 1910, lo que significa 24.8% de los 17,733 que representaron el aumento total de la población de la región de Atlixco durante el mismo periodo (véase Figura 19). Como puede observarse entre la ciudad de Atlixco y los asentamientos asociados a las fábricas absorbieron casi el 50% del aumento de la población.

Los residentes en los varios asentamientos asociados a los pueblos proveían de mano de obra a las haciendas de la parte baja. Los lugares que se han registrado como proveedores de mano de obra son: Santa María Hidalgo, San Pedro y San Juan Coaco, San Mateo Ozolco, Calpan, la Trinidad Tepango, Huilango, Coyula, Axocopan, Tejupa, Mojonera, Tronconal, Santa Ana Coatepec, Huiluco, Cacaloxúchil, Tianguismanalco, Tezonteopan y San Lucas Atzala. La mayoría de esos asentamientos pertenecían a los municipios de Tianguismanalco, Tochimilco, Atzitzihuacan y Huaquechula; es decir, los trabajadores y terrazgueros provenían de las tierras altas y de los asentamientos ubicados en la parte sur correspondientes al municipio de Huaquechula (Günter, 1988). También aportaban trabajadores algunos asentamientos de tierras altas correspondientes al municipio de Cholula. Las haciendas del oeste se proveían de trabajadores temporales de los poblados cercanos de la parte baja de Atlixco y Huaquechula⁵.

Se puede decir que entre 1890 y 1900 la población aumentó tanto en la ciudad de Atlixco y los asentamientos de los centros fabriles, como en algunas de las localidades de haciendas y ranchos. En cambio, entre 1900 y 1910 tuvo mayor peso el surgimiento de los asentamientos en torno a las fábricas. Por otra parte, hay que enfatizar que el crecimiento de la población en el municipio de Atlixco durante las dos décadas mencionadas tendió a concentrarse en las áreas aledañas a los ríos Cantarranas y Nexapa, debido principalmente a los centros fabriles y las haciendas, mismas que se encontraban en las cercanías de ambas corrientes. Esta población generó una expansión del movimiento comercial hacia la ciudad de Atlixco.

⁵ Estadística sobre la división territorial y el número de habitantes del distrito de Atlixco (1885); padrón vecinal de la municipalidad de Atlixco (1892) en AHMA, Gobernación, 226-2 y 296-4.

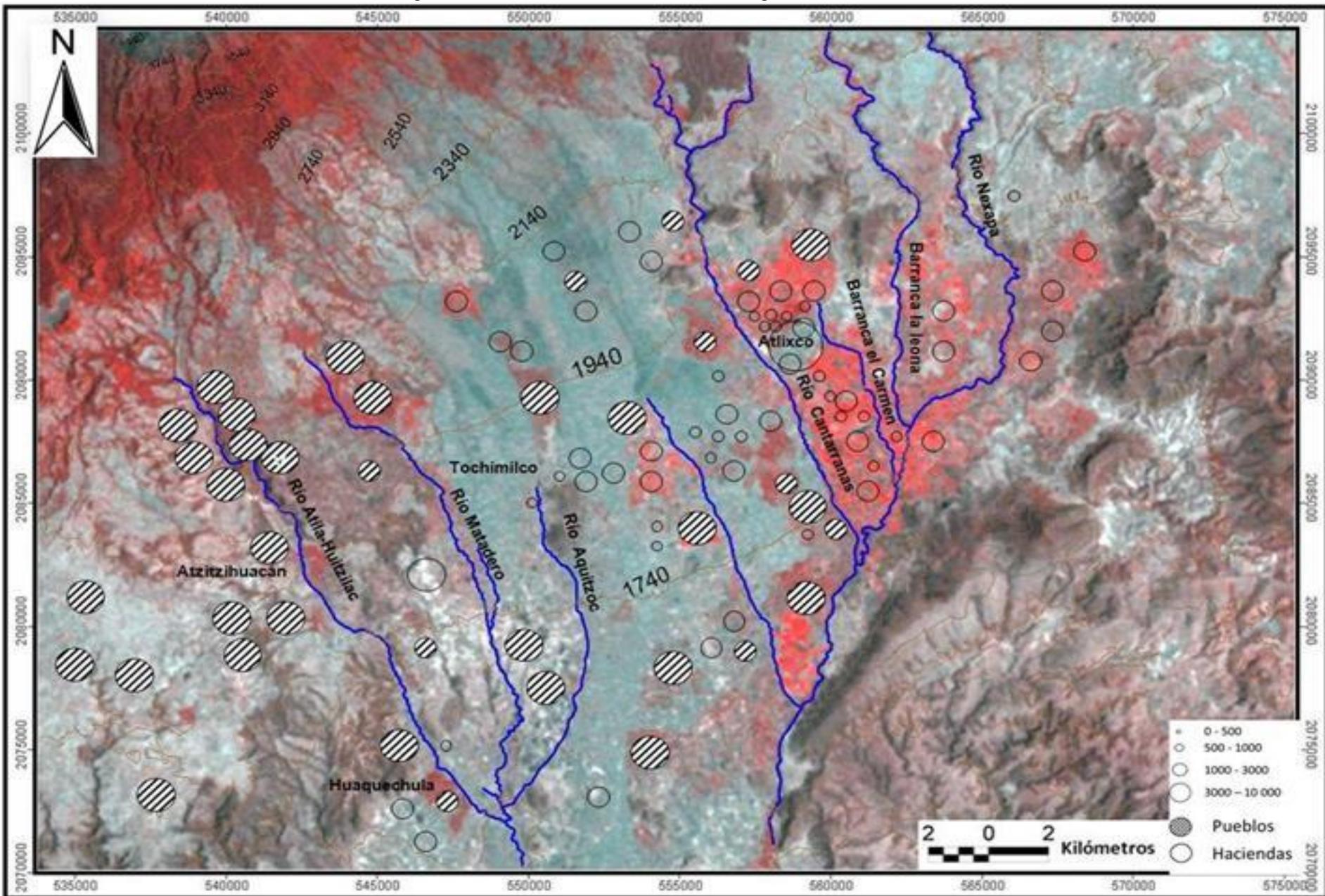
Parece que entre 1905 y 1906 el movimiento comercial se intensificó notablemente, pues sólo en ese último año se registró la apertura de 32 tiendas de abarrotes, siete expendios de carbón, cinco tiendas de ropa, cuatro panaderías, seis locerías, dos expendios de alfalfa, cuatro expendios de maíz, una zapatería, una mercería y siete figoncitos⁶. Un funcionario del ayuntamiento de Atlixco afirmaba en 1905 que el incremento del movimiento mercantil se debía al aumento de operarios en las fábricas⁷. Por lo demás, a las fábricas se habían agregado otros establecimientos industriales, como una fábrica de aguardiente, dos fábricas de fideos, una fábrica de aguas gaseosas y cuatro molinos de maíz⁸.

⁶ Comprobantes de apertura de giros mercantiles (diversas fechas, 1906) en AHMA, Presidencia, 148-1.

⁷ Informe estadístico administrativo de la municipalidad de Atlixco (1 de enero de 1905) en AHMA, presidencia, 107-1.

⁸ Noticias de los industriales que tienen establecimientos en la ciudad de Atlixco (23 de agosto de 1905) en AHMA, Gobernación, 111-3.

Figura 19. Distribución de la Población en Atlixco según el censo de 1910.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Castañeda (2005).

6.1.5 Etnicidad, campesinado y tenencia de la tierra en Atlixco.

Hablar de lo indígena implica abordar el concepto a lo largo de la historia, debido principalmente a que ha ido tomado formas y valores de muy diversa índole. De acuerdo con Aguirre (1992) la etnicidad es una configuración de ideas y complejos de conducta pertenecientes a las formaciones sociales coloniales, porque de ellas derivan. Sin embargo Caso (1996) señala que son cuatro, los criterios más importantes que definen en grado de etnicidad son: el biológico, el cultural, el criterio lingüístico y el criterio psicológico. Por lo tanto la etnicidad está definida por el grado de pertenencia a una comunidad indígena, en donde predominan elementos somáticos no europeos, en donde se habla preferentemente una lengua indígena, que posee en su cultura material y espiritual elementos indígenas en fuerte proporción y que, por último, tiene un sentido social de comunidad aislada dentro de las otras comunidades que la rodean, que hace distinguirse asimismo de los pueblos de blancos y mestizos (Caso, 1996:337).

Por otra parte Boege (1988) señala que la cultura indígena no se agota en la exclusión y la defensa negativa, sino que expresa identidades persistentes y resistencias creativas, y que tales identidades no son simplemente comunitarias (en el sentido de restringidas a la comunidad local), sino que pueden aludir a solidaridades regionales e incluso a territorios étnicos históricamente constituidos. Esta connotación se encuentra plenamente identificada en la convivencia y estructura social del campesino tradicional.

Es importante señalar que para esta investigación se tomará como eje principal para definir a un campesino, lo propuesto por Warman (1972) el cual ubica que la existencia del campesinado sólo es posible en el marco de las relaciones específicas de la comunidad rural que hace posible las acciones de cooperación y redistribución que la caracterizan. Define al campesinado como: “el segmento que a través de una relación productiva con la tierra logra subsistir sin acumular. Esto se traduce en relaciones que le son características y que pueden analizarse a dos niveles: uno horizontal, entre iguales, en que se realizan acciones de cooperación y redistribución en el marco de la comunidad rural; y uno vertical y asimétrico, desigual, con un conjunto social más grande y poderoso a través del cual se despoja al campesino de su excedente productivo” (Warman, 1972: 118).

En este sentido Palerm (1986) señala que la peculiaridad económica del campesinado reside en el hecho de que no pertenece ni a la clase de los empresarios, ni a la del proletariado asalariado; no representa a la producción capitalista, sino a la producción de mercancías simples (Palerm, 1986:135). Sin embargo Wolf (1955) define a los campesinos como cultivadores cuyos excedentes son transferidos a grupos dominantes que los utilizan en dos sentidos: para asegurar su propio *standard* de vida y para distribuir el resto a grupos de la sociedad que no cultivan, pero que deben ser alimentados, a cambio de sus bienes específicos y sus servicios (Wolf, 1955). En este mismo sentido Wolf (1955) distingue tres características esenciales de un campesino: a) El campesino es un productor agrícola; b) es propietario de la tierra y controla efectivamente el terreno que cultiva; y c) cultiva para su propia subsistencia, pues aunque venda parte de sus cosechas lo hace para cubrir sus necesidades cotidianas y para mantener un status establecido (en oposición al *farmer*, que vende sus cosechas para obtener ganancias reinvertibles).

En este sentido la lucha legal por la tierra que se inició en la región desde 1918, la constitución de los ejidos, comenzó hasta 1921, que fue el año en que se dotó al primer ejido, el de La Trinidad Tepango. Junto a los ejidos se incluye el caso de los bienes comunales de San Pedro Benito Juárez. La dotación de tierras concluyó hasta diciembre de 1939, es decir, 18 años después de la primera dotación ejidal, con lo que los periodos de solicitudes y de dotaciones se igualaron en 18 años. En un periodo de tiempo de apenas 21 años, se destruyó la historia de las haciendas que comprendió cerca de 400 años. Es importante señalar que gracias al movimiento zapatista el cual alimentó y dio identidad a los campesinos de la región de Atlixco como lo menciona Pérez (2000: 72) pudo efectuarse el desmantelamiento de las haciendas y la recomposición del campesinado atlixquense. La lucha contra la hacienda como sistema de explotación fue a muerte y los hacendados con el apoyo de los industriales, los cuales tuvieron en lo general el mismo origen, se opusieron a su destrucción. No obstante lo anterior, el pensamiento Zapatista fue capaz de influir y generar grupos de activistas, que cobraron conciencia de la situación de explotación que padecían con las haciendas y que actuaron en contra de ellas llegado el momento propicio. “*Creemos que difícilmente, ese pensamiento Zapatista por sí sólo hubiera levantado a los indígenas del valle, lo que pasó es que existieron las condiciones estructurales que posibilitaron la influencia de ese pensamiento*” (Pérez, 2001).

Los nuevos ejidos dotados en la región sumados con las viejas posesiones de los pueblos recrearon la agricultura campesina, la cual se reconstituyó y reconstruyó, convirtiéndose en el sujeto que desplazó al sistema de las haciendas y pueblos libres. La nueva agricultura campesina tomó su lugar y la entrega de la tierra en forma ejidal acabó de finiquitar el proceso del cambio de identidad étnica a un nuevo concepto de campesino-obrero, como efecto de la lucha por la tierra, la modernidad y el establecimiento de la industria textil. Esta lucha aunada con el desarrollo textil, les permitió a los indígenas mostrar sus capacidades como obreros dejando de ser las actividades agrícolas la única actividad y fuente principal en la generación de ingresos, dando inicio de esta manera la transformación de la estructura económica y la imagen rural de la región. Este acontecimiento fue la punta de lanza de un cambio que los vinculó como campesinos capitalistas (Pérez, 2001).

Si bien es cierto que la agricultura capitalista tuvo sus orígenes con las haciendas, en tiempos del Porfiriato y durante el reparto agrario (Günter, 1988), en la década de 1960 y 1977 tuvo relevancia este tipo de sistema de producción, lo que ha originado una sobre explotación de los recursos naturales sobre todo del agua, mediante la intensificación de la producción de diversas especies. No obstante, es a partir de la década de 1980 cuando se reporta de manera estadística la ampliación de la superficie de cultivos rentables con demanda en el mercado regional (flores, hortalizas y forrajes). Esta diversificación ocurrió en tres periodos: 1986 con hortalizas (chile verde, jitomate, tomate, cebolla, cilantro y calabacita); en 1991 con los forrajes (alfalfa y maíz forrajero) y flores (cempasúchil, nube y gladiola) y, en 1999 con nuevos tipos de hortalizas (coliflor, chícharo, lechuga, zanahoria, col, brócoli, calabaza, rábano y ejote).

Durante los últimos 25 años, los campesinos de la región de Atlixco han venido diversificando sus cultivos, transformándose de una zona eminentemente productora de cereales a una que integra cultivos de alta demanda comercial, tales como hortalizas, forrajes y flores, mismos que permiten la obtención de ingresos y empleo para el campesinado. Éstos han optado por un sistema productivo orientado a: 1) un autoconsumo que les asegura la dotación de maíz; y 2) comercial, con la introducción de cultivos de ciclo corto aprovechados por la demanda estacional y altamente rentables, lo que les asegura un ingreso económico constante y escalonado en diferentes épocas de año. Esta viabilidad del sistema agrícola se fundamenta en algunas

ocasiones, con el acceso al riego, en la organización y en el caso de los temporaleros en los conocimientos tradicionales heredados de generación en generación.

A este respecto Ocampo (2004) realiza un análisis de diversas estrategias propuestas en donde se consideran diferentes parámetros para que los productores regantes resuelvan en parte su problema de escasez de agua en las épocas más secas del año. Sin embargo, el productor sigue la lógica del mercado, y tiende a sembrar cultivos más rentables que le generen mayores ingresos económicos. En donde los cultivos de mayor ingreso neto son: tomate verde, gladiola, crisantemo, flor chica, polar, statice, epazote, perejil y hierbabuena. Este grupo de cultivos corresponden en su mayoría a las flores y las aromáticas, y cubren una superficie del 57,7% del total; el resto de superficie se planeó sembrarse con los cultivos del sistema agrícola propios del productor, con el objeto de conservar la biodiversidad de los mismos.

En este sentido la supervivencia del campesino ante las transformaciones del territorio se debe a su capacidad para conservar prácticas técnicas y sociales que le sirven en un momento, y modifican cuando encuentran otro contexto. Su fortaleza es la capacidad de adaptación a los cambios, sin perder su objetivo campesino productivo arraigado al agua, la tierra y al manejo de diversos recursos del ambiente en el que se encuentran. Sus modificaciones y redefiniciones de hábitos y cambios sociales, han permitido que nuevas adaptaciones y estrategias campesinas se desarrollen e implementen, con la finalidad de incorporarse a la dinámica de cambios ocurridos en el uso del suelo y al papel que desempeñan los factores sociales dentro de estas continuas transformaciones. Los procesos históricos de lucha campesina por recuperar y conservar sus tierras tienen la clara intención de subsistencia ante políticas en materia de “ordenamiento territorial” sobre cambios de uso del suelo para destinarlo a la vivienda, a la industria y a la maquila, pues aunque el planteamiento de éstas políticas reconoce la importancia de elementos como las cadenas productivas y de valor agregado, clúster, y denominación de origen, de nada servirán éstas acciones si no están articuladas a la región en una economía intrínsecamente multisectorial en donde predomina fundamentalmente la agricultura.

6.1.6 El crecimiento de la población en la región de Atlixco entre 1900 al 2010

Los procesos asociados a la dinámica del crecimiento demográfico originados por el modelo económico capitalista, constituyen unidades geográficas bien definidas, en las que se facilita la interacción entre hechos físicos y antrópicos, logrando con ello una situación de inestabilidad entre las relaciones funcionales de los ecosistemas naturales y los procesos de urbanización. Se han propuesto diferentes hipótesis sobre qué factores son los responsables del cambio de uso del suelo. La más común y simple sostiene que el crecimiento de la población ocasiona una demanda cada vez mayor de recursos para satisfacerla y, como consecuencia, las superficies ocupadas por las comunidades naturales son sustituidas por terrenos dedicados al cultivo o a la ganadería. A pesar de que se acepta que el incremento de la población y sus necesidades son importantes para explicar el cambio de uso del suelo, la relación no es tan simple. Las tasas de crecimiento poblacional y de expansión de la frontera agropecuaria no crecen a la misma velocidad; en las últimas décadas, en términos generales, la superficie agropecuaria ha crecido más lentamente que la población mundial debido, en parte, a que la producción es más eficiente (Alcamo *et al.*, 2003).

Evidentemente, la población es determinante en lo que a la magnitud del territorio utilizado por el hombre se refiere. Existe una correlación significativa entre la densidad poblacional y la superficie dedicada a actividades agropecuarias; los estados más poblados tienden a dedicar más superficie a la producción. De hecho, la mayor relación se encuentra con la población existente en los años 50. Este desfase histórico en el uso del suelo es, en parte, el resultado de los cambios en la estructura de la ocupación de la población. En la medida en que una mayor proporción de la población deja de dedicarse a las actividades primarias se va desvaneciendo la relación entre la densidad poblacional y la cantidad de suelo que se emplea para agricultura y ganadería (Fernández, 2002). En este sentido, los movimientos migratorios y el abandono del campo tienen en la actualidad efectos de gran importancia en el cambio del uso del suelo. Más aún, este comportamiento significa que los cambios que hoy se den en las características de la población local (particularmente la dedicada a las actividades primarias) se manifestarán en el uso del suelo hasta varias décadas después. Tal es el caso del municipio de Tochimilco, el cual cuenta con un alto porcentaje migratorio, principalmente hacia los Estados Unidos. Factor que afecta en la

pérdida de su identidad étnica, su forma de trabajo e ideología. Elementos que determinan la pérdida de actividades primarias, por el abandono de las tierras y la venta de las mismas; acciones que promueven las transformaciones en el uso del suelo e incentivan el crecimiento urbano.

El crecimiento demográfico desencadena un conflicto en los usos del suelo que, de acuerdo con la lógica capitalista y contando con el apoyo de los instrumentos urbanísticos, se resuelve a favor del uso residencial y desemboca, consecuentemente, en un incremento del número de viviendas paralelo al declive de la actividad agraria. Las áreas en crecimiento urbano son territorios sometidos a intensas transformaciones. Su condición cambiante es, precisamente, una de las claves de su caracterización, a la que ineludiblemente hay que unir su multifuncionalidad. La introducción de manifestaciones urbanas sobre espacios rurales implica una notable diversidad de sus usos del suelo, de formas de ocupar y de utilizar el territorio (Corbera y Calcedo, 1999). Se considera que el principal conflicto es la competencia por el suelo entre los usos tradicionales y los introducidos por la influencia urbana, un proceso complejo y lento en el que intervienen múltiples factores externos.

Desde el punto de vista socioeconómico, la región de Atlixco ha pasado por tres etapas. En un primer momento predominaron las actividades agrarias, pero después el sector secundario experimentó un enorme auge con la instalación de la industria textil y la llegada de un importante contingente de población que vino a satisfacer la demanda de mano de obra y que inició una importante transformación en los rasgos del poblamiento tradicional. A partir de 1960 inicia, la tercerización de la economía y la urbanización masiva del territorio. En nuestros días la región se configura como un espacio de orientación residencial y terciaria que actúa como receptor de numerosas viviendas, centros comerciales, lugar turístico de recreación y esparcimiento, así como de salida de desfogue de fin de semana para la gran urbe de la ciudad de Puebla.

Independientemente de la tendencia predominante en los distintos momentos señalados, en cada etapa perduran los rasgos de las anteriores, lo que aporta una notable diversidad y dinamismo al territorio y a su economía; prevalecen las actividades primarias al tiempo que progresivamente se van introduciendo importantes servicios y creando nuevos espacios residenciales. Todo este se

ve facilitado por la favorable ubicación en relación con las infraestructuras de comunicación, verdadera causa del auge que le ha caracterizado tanto en el pasado como en la actualidad. En donde el dinamismo de la región en los últimos 110 años pone claramente de manifiesto en los datos demográficos, un acelerado crecimiento de la población, ya que la cifra total de población se ha incrementado en un 27.92%, pasando de 53,304 habitantes que tenía en 1900 a 190,924 en el año 2010 (Cuadro 7). Se trata de un crecimiento demográfico superior a la época industrial textilera que anteriormente atraía gran cantidad de población, lo cual indica la influencia de este factor en el dinamismo del cambio de uso del suelo.

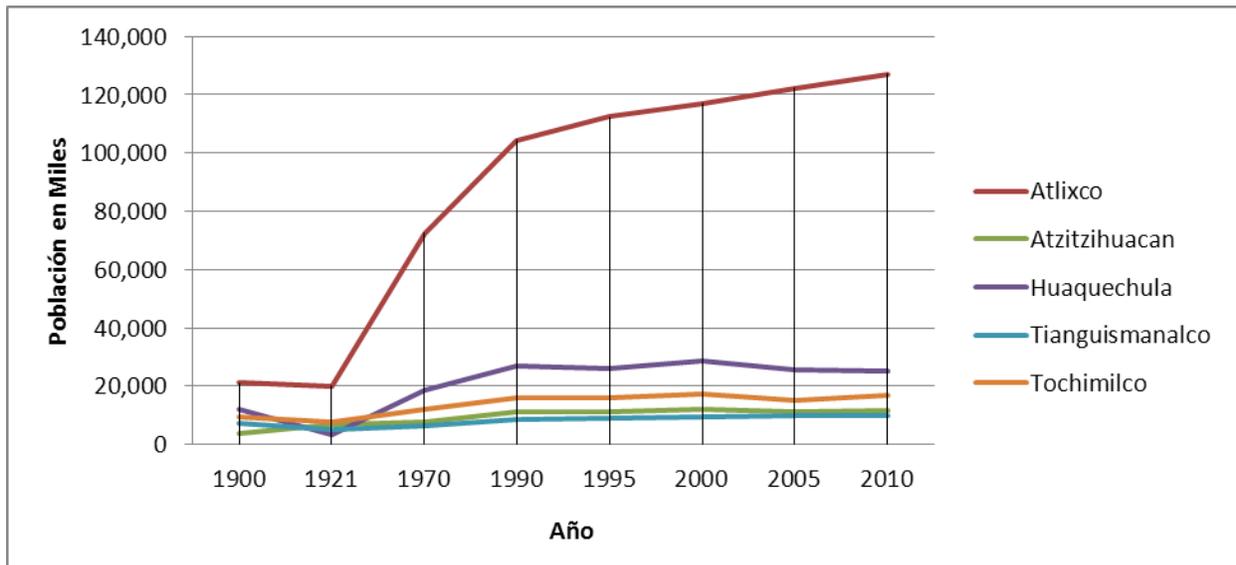
Cuadro 7. Dinámica de la población de la región de Atlixco 1900 – 2010.

| Municipio | 1900 | 1921 | 1970 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Atlixco | 21,085 | 20,102 | 72,373 | 104,294 | 112,480 | 117,111 | 122,149 | 127,062 |
| Atzitzihuacán | 3,698 | 6,722 | 7,512 | 11,193 | 11,177 | 11,933 | 11,016 | 11,684 |
| Huaquechula | 11,889 | 3,391 | 18,501 | 27,017 | 26,114 | 28,654 | 25,425 | 25,343 |
| Tianguismanalco | 7,333 | 5,054 | 6,511 | 8,593 | 9,122 | 9,640 | 9,689 | 9,807 |
| Tochimilco | 9,299 | 7,881 | 12,207 | 16,093 | 15,795 | 17,171 | 14,954 | 17,028 |
| TOTAL | 53,304 | 43,150 | 117,104 | 167,190 | 174,688 | 184,509 | 183,233 | 190,924 |

Fuente: Elaboración propia 2011, con base en los Censos Generales de población y vivienda INEGI 1900, 1921, 1970, 1990, 2000 y 2010.

Si a los procesos de urbanización y desarrollo económico sumamos la densidad de población nos encontramos con una especial presión sobre la tierra. En 1900 la densidad de población promedio para toda la región de Atlixco fue de 57 habitantes por kilómetro cuadrado. A partir del 2010 la densidad de población por municipio fue de 554.32 hab/km² en Atlixco; 91.59 en Atzitzihuacán; 113.52 en Huaquechula; 85.42 en Tianguismanalco; y 72.94 en Tochimilco (INEGI, 2010). De hecho todos los municipios están muy por encima del promedio de densidad de población nacional, que en 2010 fue de 57.3 hab/km², ubicando al Distrito Federal con la densidad más alta, la cual asciende a 5,920.5 hab/km², más de 100 veces el promedio nacional.

Figura 20. Evolución demográfica de la región de Atlixco 1900 – 2010.



Fuente: Elaboración propia 2011, con base en los Censos Generales de población y vivienda INEGI 1900, 1921, 1970, 1990, 2000 y 2010.

La explicación de este crecimiento demográfico a partir de 1900 radica principalmente en una primera instancia, por el surgimiento de los asentamientos en torno a las fábricas textiles, mismas que tendieron a concentrarse en áreas aledañas a los ríos Cantarranas y Nexapa, en donde también se encontraban ya situadas con anterioridad las haciendas, logrando con ello una expansión del movimiento comercial hacia la ciudad de Atlixco. El cual se ha venido intensificando de manera considerable con el establecimiento industrial de diversos sectores.

Otra causa importante que ha impactado de manera importante el crecimiento poblacional en la región de Atlixco fue la transformación de la estructura agraria y de propiedad, supuestos de flexibilización del régimen ejidal planteadas por el Salinismo⁹ representan dos aspectos básicos con relación a la tierra ejidal, por un lado una nueva concepción de la tierra ejidal y por otro, nuevas formas de movilizar esta tierra. La tierra, de ser definida como un derecho, cambia a ser una mercancía más y las normas que regulaban la movilidad de ese derecho, se eliminan para dar

⁹ De manera estricta el salinismo, se refiere al periodo comprendido entre (1988 y 1994) durante el cual Carlos Salinas de Gortari, un reformista con pensamiento neoliberal y perteneciente al PRI (Partido de la Revolución Institucional), ocupó la presidencia de la República Mexicana. Para el ámbito político este término denota el periodo durante el cual, siendo o no presidente de México, Carlos Salinas de Gortari presuntamente "ha mantenido, controlado y manipulado" el poder socio-económico de México, este periodo comprende de 1987-al presente, siendo este "el periodo con más pobreza, desempleo, corrupción y desigualdad en la historia moderna de México".

paso a nuevas formas de movilidad de la tierra, pero ya no como derecho, sino como mercancía, dentro de un campo ya no solidario sino meramente mercantil.

El conocimiento sobre la nueva política agraria, se empezó a tener en la región hasta inicios del segundo trimestre de 1993, año en que iniciaron los trabajos del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Solares Urbanos (PROCEDE). Este programa reglamentado en enero de ese mismo año, fue el comienzo legal y técnico de la reforma legal del ejido. Estos procesos se desarrollan en el marco de una estructura agraria donde predomina la propiedad campesina de tipo ejidal y comunal, representando el 71% del total de la región, mientras que el 29% restante es propiedad privada (Pérez, 2000). En términos municipales, la propiedad privada no llega a ocupar un tercio del total de la superficie en Atlixco y Huaquechula; en Tochimilco representa entre el 30 y el 31%; y en Atzitzihuacán y Tianguismanalco es menor, pues sólo representa el 25 y 24% respectivamente (*Ibidem*). A este respecto Pérez (2001) señala que existen mecanismos específicos de transacción de tierras por las diversas formas productivas, mismas que denominó mercado formal e informal de tierras, las cuales han intensificado el cambio de uso del suelo al pasar de un régimen de propiedad ejidal a pequeña propiedad.

6.1.6.1 Mercado formal de tierras.

De manera simplificada se puede decir que en Atlixco, este mercado de tierras tiene por actores básicamente a empresarios, que conciben a la tierra como una mercancía pero a la vez como un bien escaso que puede acapararse y brinda cierto "prestigio". Las transacciones tienen por objetivo una ganancia y en general se formalizan a través de instancias jurídicas y económicas. Las transacciones del mercado formal de tierras se llevan a cabo en áreas donde predominan las propiedades privadas con una extensión mayor de cinco hectáreas. La mayoría de la compra-venta y formas de arrendamiento buscan concentrar superficies para conformar explotaciones agrícolas de cierta escala y condiciones de producción, o bien promover el cambio en el uso del suelo, de agrícola a urbano y urbano-turístico. Las formas de transferencia utilizadas en este mercado de tierras son claras y se regulan formalmente, dependiendo del caso, en la notaría, el Registro Público de la Propiedad, instituciones bancarias o dependencias gubernamentales (Pérez, 2000).

6.1.6.2 Mercado informal de tierras.

La dinámica de este mercado es diferente, se efectúa en zonas en las que predomina la agricultura de campesinos minifundistas sin importar el tipo de tenencia, para los que la tierra, más que una mercancía, es un bien cuya posesión y uso permite su propia reproducción y comunitaria. Aún en los casos en que el poseedor o propietario de la tierra se ve en la necesidad de transferirla temporal o permanentemente, este intercambio se hace en el interior de las comunidades bajo una racionalidad y reglas no escritas, fincadas en la tradición y en las costumbres. Las superficies que los campesinos venden arriendan o "prestan" en este tipo de transacciones son generalmente mínimas, de 0.1 a cinco hectáreas, y tienen por objetivo resolver problemas económicos inmediatos. En la práctica, sólo se intercambia o trasfiere una parte de la capacidad productiva de una familia a otra, sin poner en riesgo la reproducción y estabilidad de la comunidad y tampoco los bienes comunales como pueden ser los montes o el agua de riego (Pérez, 2000).

6.1.6.3 Mercado emergente de tierras.

Actualmente, como resultado de la crisis de la agricultura y como producto de las expectativas que abrieron las modificaciones al artículo 27 de la Constitución, ha empezado a desarrollarse un mercado emergente que posibilita algunos cruces entre los dos mercados de tierras arriba mencionadas y ciertas asociaciones entre empresarios y poseedores de la tierra. Por ejemplo, floricultores que rentan en la zona de agricultura campesina, una superficie aproximada de 100 hectáreas, con el fin de sembrar flor de exportación. En este caso, los campesinos justifican el cambio en las reglas del mercado informal de tierras debido a sus carencias económicas y a la posibilidad que tienen de adquirir experiencia en este tipo de producción.

En los últimos años, la dinámica de los mercados de tierras ha sido particularmente intensa, producto de diversas condiciones. El desarrollo del capital inmobiliario, acompañado de procesos especulativos sobre los terrenos próximos a la ciudad de Atlixco; las expectativas de una agricultura de mercado, en especial de la flor y las hortalizas, junto con la compra-venta y la renta de tierras; la falta de financiamiento y asistencia técnica a los campesinos que los obliga a

"ir a medias" o arrendar porque no pueden sembrar por su propia cuenta; y en el extremo, el empobrecimiento total de los agricultores campesinos que los fuerza eventualmente a empeñar y vender su tierra. Respecto a esta dinámica actual del mercado informal de tierras, son cada vez más frecuentes los campesinos que arriendan sus tierras y realizan acuerdos de mediería, debido principalmente a las condiciones del mercado, a la falta, de horizontes claros para la agricultura y a la creciente migración campesina (Pérez, 2000).

Esa situación de difícil equilibrio, es la que ha permitido la penetración del capital en el mercado informal de tierras y la incipiente formación de un mercado emergente. Mejores ofertas de precio por la tierra y la incapacidad de las comunidades para enfrentar los nuevos problemas, han servido para presionar a los campesinos minifundistas a que vendan sus tierras, logrando con ello un fuerte auge en la región para la construcción de complejos residenciales, fenómeno relacionado con la descentralización residencial de la ciudad de Puebla, así como de su crecimiento industrial y comercial. Este proceso se encuentra influenciado por dicha evolución del mercado del suelo, la mejora de accesibilidad y de las comunicaciones, la presencia de una oferta inmobiliaria masiva, las condiciones climáticas propias de la región y la búsqueda de mejores condiciones de vida (*Ibidem*).

6.2 Interpretación visual de imágenes de satélite de la transformación del uso del suelo agrícola a urbano en la región de Atlixco, Puebla durante el periodo comprendido de 1977 al 2007.

Existen diferentes métodos de análisis para la detección de las diferencias en la cobertura vegetal y en el cambio de uso del suelo a través del tiempo (Lira, 1997). Uno de ellos es por medio del análisis del patrón espectral, en donde un pixel está representado por un número y éste tiene una sucesión única para cada objeto de la naturaleza (firma espectral). Otro método es por medio del análisis de patrones espaciales en donde se determinan los cambios de tono o color del pixel (Análisis Visual); se puede observar la frecuencia de cambio de los tonos en los pixeles, la dirección o direcciones de cambio, el contraste entre un pixel y sus vecinos, así como el color del pixel.

El análisis visual puede entonces, utilizar elementos como textura, estructura, emplazamiento o ubicación contextual, factores de análisis que son posibles de aplicar en el tratamiento digital de una imagen de satélite. La complejidad de la interpretación en la medida que se pasa a considerar elementos relacionados con la propia imagen a factores de análisis que dependen del propio objeto en estudio y de las características ambientales en que se encuentra. En un trabajo de interpretación los denominados factores de interpretación se analizan en conjunto, tanto en los procesos de análisis deductivos como inductivos (Castro, 1997).

En este sentido, el tono hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro, es decir, se relaciona estrechamente con el comportamiento espectral de las distintas cubiertas, para la banda particular del espectro sobre la que se está trabajando. La visualización de los tonos constituye una primera aproximación visual a una imagen, por su indudable parecido, al menos en las formas que pueden apreciarse con la resolución espacial del sensor, a una fotografía aérea tradicional. A través de la interpretación se puede reconocer variadas categorías por el contraste de tonos en distintas bandas del espectro (Chuvienco, 1990).

Por otra parte, el color de la imagen constituye un salto cualitativo, puesto que permite llevar a cabo el análisis de cada imagen teniendo en cuenta la información proporcionada por varias de las bandas que la componen, además de añadir el color como elemento de interpretación visual, que siempre ayuda a la mejor discriminación de las diferentes cubiertas. En este sentido el número de composiciones en color que se puede generar es proporcional a la resolución espectral del sensor. Los colores resultantes dependerán de las bandas que se designen y del color primario aplicado a cada una. El sentido temático de cada composición, como es lógico, dependerá de ambas decisiones. Si la intención es reforzar las cubiertas vegetales, el infrarrojo cercano será un componente insustituible, mientras los infrarrojos medios y el rojo serán los más convenientes para ciertos tipos de suelos (*Ibídem*).

Una de las composiciones en color más utilizadas en teledetección es el falso color convencional o infrarrojo convencional, que se obtiene desplazando el rango espectral del color natural hacia longitudes de ondas más largas. En otras palabras, se asigna el color azul a la banda verde del espectro, el verde a la banda roja, y el rojo al infrarrojo cercano.

Generalmente, los métodos de la extracción de información a partir de imágenes de satélite se subdividen en dos grupos: 1) extracción de información basada en el análisis o interpretación de los datos suministrados por los satélites; y 2) extracción de información basada en el tratamiento automático o semiautomático por parte del ordenador. Sin embargo, la forma más intuitiva de extraer información de imágenes de satélite es mediante la interpretación visual, que está basada en la habilidad que presentan los humanos para relacionar tonos, colores y patrones espaciales que aparecen en una imagen con elementos del mundo real. Este tipo de interpretación se lleva a cabo mediante la superposición en la imagen de un papel apropiado (transparente o semitransparente) sobre el cual se dibujan y delimitan los elementos y áreas de interés para la interpretación (unidades de vegetación, de usos del suelo, geomorfológicas, litológicas, etc.) Posteriormente la interpretación resultante se puede digitalizar. También es posible generar la interpretación en el propio monitor del ordenador delimitando las áreas y elementos de interés mediante digitalización en pantalla.

En una imagen de satélite (también en fotografías aéreas) se ven varios objetos de diferentes tamaños y formas, algunos de ellos se identifican correctamente mientras que otros no, dependiendo de las percepciones individuales y de la experiencia del intérprete. Cuando podemos identificar lo que vemos en imágenes de satélite y fotografías aéreas, y comunicar esa información a otros estamos realizando fotointerpretación: los datos en bruto de las imágenes y fotografías cuando son tratados por un cerebro humano se convierten en información. Por lo tanto, el intérprete se puede encontrar con dos situaciones: 1) reconocimiento directo y espontáneo de un objeto o fenómeno (porque es conocido por el intérprete) y 2) utilización de un proceso de razonamiento en el que se utiliza el conocimiento profesional y la experiencia para identificar un objeto. En ocasiones este razonamiento no es suficiente para la interpretación correcta, siendo necesario el trabajo de campo (Chuvieco, 2006).

El intérprete examina cada elemento de la imagen en tres sentidos: separadamente, en relación con otro elemento, y en relación con todo el patrón de la imagen. El éxito de una interpretación visual depende de varios factores:

- 1 - Experiencia y entrenamiento del intérprete. Es necesario tener poder de observación, imaginación y gran paciencia. Además, es importante que el intérprete posea un conocimiento amplio del fenómeno que se estudia, así como de la región geográfica en donde se esté trabajando.
- 2 - La naturaleza del fenómeno que se estudia (no es lo mismo estudiar asociaciones vegetales que la búsqueda de minerales o de recursos hídricos).
- 3- La calidad de la imagen.

6.2.1 Criterios visuales para identificación.

Existen una serie de factores que diferencian a las imágenes de satélite y a las fotografías aéreas de otras imágenes a las que se está más acostumbrado: (1) se muestran datos desde una perspectiva elevada y a menudo no familiar, (2) el uso frecuente de longitudes de onda fuera de la porción visible del espectro electromagnético, y (3) la visión de la superficie de la Tierra en

escalas y resoluciones no familiares. Estas diferencias pueden suponer un desafío importante para el analista de imágenes principiante. Un estudio sistemático de las imágenes incluye varias características básicas de elementos que aparecen en las mismas. Las características específicas útiles para una tarea concreta y la manera en la que son consideradas dependen del campo de aplicación. La mayor parte de las aplicaciones consideran las características básicas que se describen a continuación.

6.2.2 Tono

Se refiere al brillo relativo de los objetos. Las variaciones tonales son elementos muy importantes en la interpretación, constituyendo uno de los principales criterios de interpretación visual. La expresión tonal de los objetos en la imagen está directamente relacionada con la cantidad de energía reflejada por la superficie. Los distintos tipos de rocas, suelos, vegetación, presentan diferentes tonos (Van, 1986). Las variaciones en las condiciones de humedad también se reflejan como diferencias tonales: un incremento en el contenido de humedad origina tonos más oscuros, estas diferencias son debido a:

- la diferente impresión de la imagen puede dar distintos tonos en dos imágenes contiguas;
- la posición del sol (su elevación dependiendo de la hora del día y de la estación del año);
- la distinta reflectividad de los elementos según la longitud de onda considerada, es decir, el tono característico de una cubierta varía con la banda del espectro considerada (por ejemplo la vegetación presenta tonos oscuros en las bandas correspondientes a longitudes de onda del visible, mientras que en longitudes de onda del infrarrojo presenta tonos más claros);
- las características distintas de diferentes elementos según la estación del año (por ejemplo vegetación y contenido en humedad).

Es necesario destacar que una representación impresa de una imagen supone una pérdida de los tonos (distintos niveles de energía) captados por el detector, ya que en la mayor parte de los casos éste detecta hasta 256 niveles distintos. Por otra parte, el ojo humano tampoco está capacitado para distinguir 256 niveles o tonos de gris (*Ibidem*).

6.2.3 Color

La ventaja del color sobre el tono es que el ojo humano es mucho más sensible a las variaciones cromáticas frente a las variaciones de intensidad luminosa. Además, debido a la posibilidad de mezclar varias bandas del espectro en una composición de color, el color resulta ser un elemento básico para la interpretación visual de las imágenes de satélite. El ojo humano percibe longitudes de onda entre 400 y 700 nm, separando la energía recibida en tres componentes que son los denominados colores primarios: azul, verde y rojo, a partir de los cuales se puede generar cualquier otro color. El monitor de los ordenadores presenta tres canales (rojo, verde, azul); cuando desplegamos una sola banda del espectro (grises), la misma señal se introduce por los tres canales del monitor. Sin embargo, cuando realizamos una composición en color, los datos de tres bandas utilizadas son introducidos por cada uno de los tres canales del monitor, de forma que se reproducen multitud de colores en los píxeles como producto de la combinación de los valores de intensidad de cada una de las tres bandas para cada píxel (Lillesand *et al.*, 2004).

En principio, cualquier combinación de bandas puede ser utilizada en una composición en color. Sólo la experiencia y el área de aplicación o el tema en el que se esté trabajando, hará elegir qué tres bandas de un conjunto multispectral son utilizadas para la composición en color. Una elección muy utilizada es la composición en falso color, correspondientes al infrarrojo cercano, esta combinación tiene la característica de presentar en la imagen la vegetación en diferentes tonalidades de rojo, dependiendo de la fenología de la planta y lo vigorosa de la misma.

6.2.4 Textura

Es la frecuencia con la que suceden cambios tonales, es decir, el contraste espacial entre los elementos que componen la imagen (se percibe como repeticiones de cambios tonales). Esta característica se produce por una agregación de rasgos unitarios que pueden ser demasiado pequeños para diferenciarse individualmente, pero que juntos marcan una diferencia respecto al resto de la foto. Para definir la textura se suelen usar los adjetivos de suave (campo de trigo crecido) y grosero (en un terreno rugoso, como puede ser un suelo desnudo en áreas de montaña con muchas piedras o un bosque), lineal, etc. A menudo la textura se puede relacionar con la rugosidad del terreno. La textura está muy relacionada con la resolución espacial del sensor ya que procede de la relación entre el tamaño del objeto y dicha resolución. Este criterio es importante, para discriminar entre objetos con el mismo comportamiento espectral. A medida que se reduce la escala a la que observamos la imagen, la textura de cualquier objeto o área se hace progresivamente más fina hasta desaparecer (Van, 1986).

6.2.5 Forma

Se refiere a la forma de los objetos, a la forma de su perímetro, a la forma tal y como se ve en una foto de dos dimensiones, en definitiva la forma caracteriza a muchos de los objetos que se ven en las imágenes. Asimismo también se incluye en la forma, la altura relativa de los objetos cuando se trabaja con visión estereoscópica en la interpretación visual. El intérprete deberá tender a identificar los objetos de acuerdo con esta característica ya que es una de las más fáciles. En algunos casos esta característica bastará para diferenciar el objeto de estudio de los del resto de la imagen, pero no en todos (Janssen, 2000).

6.2.6 Tamaño

El tamaño de los objetos en las imágenes se tiene que considerar siempre en el contexto de la resolución espacial y de la escala en la que está impresa o desplegada la imagen. Igualmente es

importante relacionar el tamaño del objeto analizado con otros objetos de la imagen o foto: por ejemplo para saber si una carretera o camino es más o menos importante.

6.2.7 Patrón

Se refiere a la distribución espacial de los objetos (tanto naturales como construidos), a la repetición de formas cada cierto espacio, que permite su identificación. Los cultivos en aterrazamientos o bancales también presentan un patrón característico, así como los distintos patrones de disposición de la red de drenaje en dendrítico, paralelo, etc., y los patrones de construcción (López, 1988).

6.2.8 Localización

Se refiere a la posición topográfica o geográfica en la que se encuentra un objeto o elemento respecto a un marco de referencia (montaña, valle, ciudad, etc.). En algunos casos la identificación de los objetos de estudio no se hace de una manera directa, sino que se realiza por eliminación: es decir, conociendo el tema de estudio (por ejemplo vegetación) se pueden conocer las características donde pueden darse determinados tipos: a partir de cierta altura únicamente pueden darse los pinos y los abetos. En el caso de la vegetación, de los usos de suelo, etc. esta distinción por eliminación variará de región en región y de estación en estación. En cuanto a las formas del relieve, también existe una variación condicionada por el clima (Rencz, 1999).

6.2.9 Aspectos temporales

Los aspectos temporales relacionados con los fenómenos naturales son de gran importancia en la interpretación porque factores como el crecimiento vegetativo y el contenido en humedad del suelo varían durante el año. Por otra parte estos aspectos también son importantes para interpretar los cambios ocurridos en un período de tiempo determinado en cuanto a usos del suelo y repercusiones de las actividades humanas sobre el medio (Richards, J.A.,1986). En los estudios multitemporales se ha de tener en cuenta que los tonos, colores y texturas, (que están relacionados con las condiciones medio-ambientales y de adquisición), podrán variar de una

imagen a otra de la misma zona, por lo que habrán de considerarse individualmente para cada imagen (López, 1988).

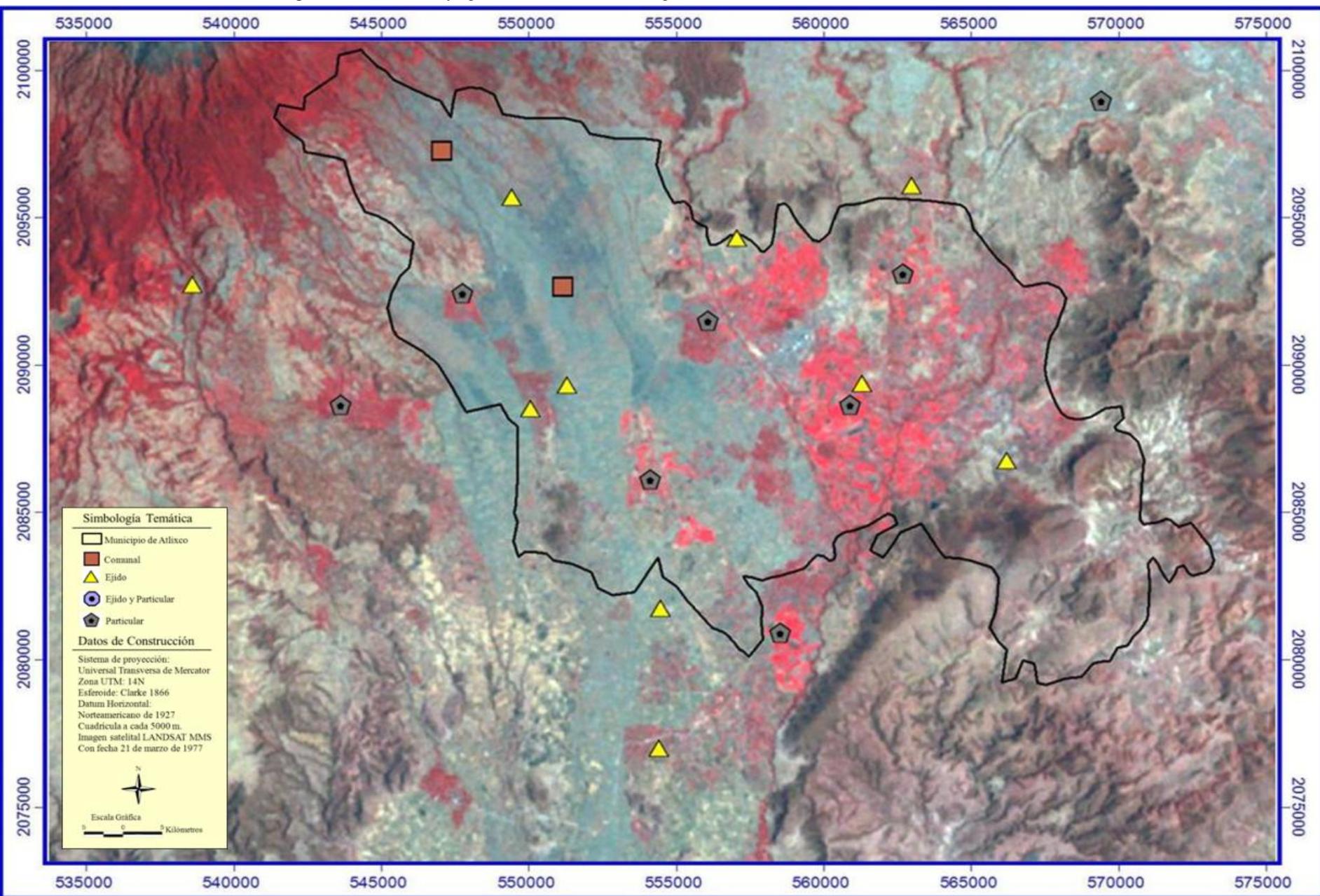
Tras la introducción de estos criterios o elementos de interpretación se ha obtenido una relación de la extensión espacial de las características a las que se refieren: el tono y color se pueden definir para un único píxel, la textura se define con respecto a un grupo de píxeles. Los otros elementos o criterios se refieren a objetos individuales o a grupos de objetos (Sabins, 1997). El uso simultáneo ya menudo implícito de estos criterios constituye la fuerza de la interpretación visual de las imágenes. En la clasificación digital de las imágenes sólo se tiene en cuenta la respuesta espectral, lo cual explica la limitación de los métodos automatizados en comparación con la interpretación visual.

En la Figura 21 se muestra una imagen satelital que fue tomada el 21 de marzo de 1977, la cual se obtuvo del servidor GLCF (*Global Land Cover Facility*), en dicho servidor la información se encuentra organizada en 5 bandas, por lo que es necesario hacer una combinación de bandas, para ello se utilizó el software Erdas Imagine 9.1, la proyección de dicha imagen obtenida fue: WGS84 con un elipsoide GRS80, por lo que se procedió a cambiar el tipo de proyección para que se adecuará a los datos base con los que se cuentan, el sensor que se ocupó para esta imagen fue el MSS (falso color), los diversos tonos rojos indican las áreas de alta actividad vegetativa (alta reflectividad en el infrarrojo cercano) las áreas urbana aparecen en tonos azulados, y las superficies de agua en tonos negros. Los diversos grados de cobertura vegetal quedan expresados así por la cantidad de rojo que puede encontrarse en cada celda, sin embargo debido a que es una imagen que tiene poca resolución los colores pueden confundirse a simple vista, sobre todo los tonos azules.

Podemos observar en la parte centro Este de la región, la vegetación intensa que existía, debido principalmente a que es una zona agrícola de riego. Para el año de 1977 de acuerdo con datos obtenidos de la carta uso del suelo y vegetación E14B52 escala 1:50 000 (INEGI, 1977), la distribución en cuanto al tipo de propiedad se encontraba principalmente comprendida por 11 puntos de control correspondientes a ejidos distribuidos en toda la región, 2 puntos que corresponden a la parte comunal ubicados en las faldas del volcán Popocatepetl, un ejido en

particular ubicado en la parte sur oeste y 8 tipos de tenencia de la tierra particulares distribuidos en toda la región, por lo que podemos hablar de una configuración espacial que caracteriza a la región de estudio en un momento en particular.

Figura 21. Uso de suelo y tipos de tenencia en el Municipio de Atlixco Puebla, con fecha 21 de marzo de 1977.



Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital LANDSAT con fecha 21 de marzo de 1977, con una resolución espacial de 30 metros.

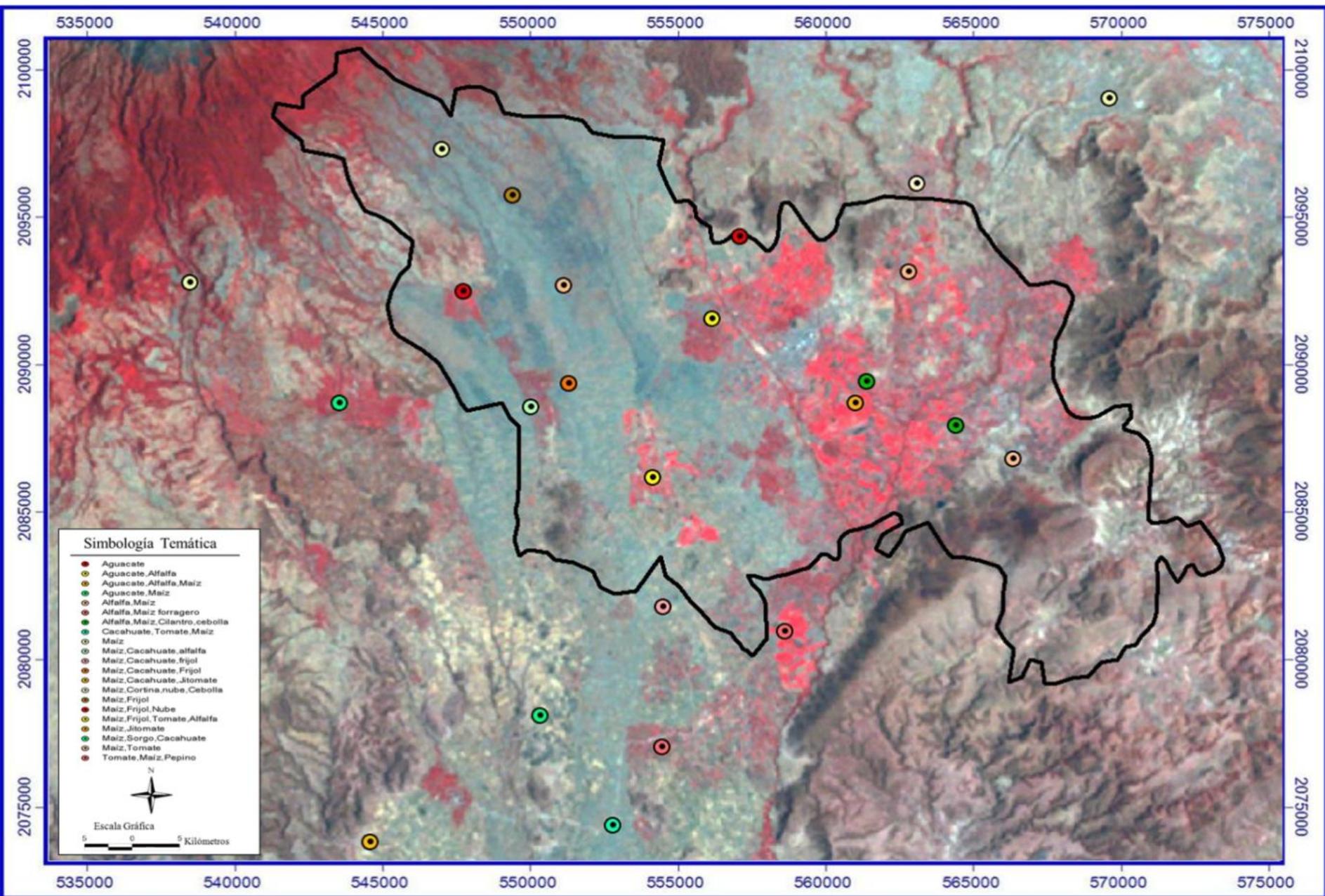
La figura 22 muestra 21 puntos de control de los principales cultivos que se encontraban en la región para 1977 como: aguacate, alfalfa, maíz, tomate, frijol, jitomate, cebolla, nube, sorgo, pepino y cacahuate, cultivos que al día de hoy se siguen sembrando y cosechando, en algunos casos para el autoconsumo y en menor medida como negocio. También se puede observar que la distribución del tipo de tenencia del ejido predomina principalmente el cultivo de maíz, sin embargo en la distribución de tipo particular puede observarse una producción mayoritariamente basada en el riego, lo cual significa que existe una relación entre el tipo de cultivo que produce en una determinada región, con la tenencia de la tierra. Otro aspecto fundamental es que el tipo de tenencia de la tierra particular se encuentra ubicada en zonas en donde existe una probabilidad mayor de convertirse en zonas urbanas, principalmente por la existencia de agua.

La Figura 23 muestra una imagen satelital que fue tomada el 16 de marzo de 1989. Se obtuvo del servidor ARIA, la proyección de dicha imagen es: NAD27 con un elipsoide Clarke 1866, el sensor que se ocupó para esta imagen fue MSS, al no tener un color verdadero, de igual forma que en la imagen anterior podemos observar que los tonos rojos nos indican la presencia de algún tipo de vegetación, los tonos azules a blancos muestran construcciones o zona urbana, debido a que es una imagen que tiene poca resolución y solamente 5 bandas los colores pueden confundirse, sobre todo los tonos azules. Sin embargo a pesar de haber transcurrido 12 años de acuerdo con la imagen anterior, se puede apreciar una ligera disminución en la vegetación de la región, sobre todo en la parte centro del municipio, lo que indica que a simple vista no existen cambios significativos en la vegetación.

Como en el caso anterior, la figura 24 es una imagen satelital que fue tomada el 21 de marzo del 2000. Se obtuvo del servidor GLCF, en dicho servidor la información se encontró organizada en 6 bandas, por lo que se realizó una combinación de bandas en Erdas Imagine 9.1 (4,3,2), la proyección de dicha imagen obtenida fue: WGS84 con un elipsoide GRS80, así que fue necesario cambiar el tipo de proyección para que se adecuará a los datos base con los que se cuentan, el sensor que se ocupó para esta imagen fue TM, en la imagen podemos observar el crecimiento urbano en tonalidades azules a blancas, así como una disminución de las áreas con vegetación, principalmente en el centro de la ciudad de Atlixco. Otro aspecto importante a resaltar es que en la parte sur oeste, comienza a apreciarse una desertificación importante del

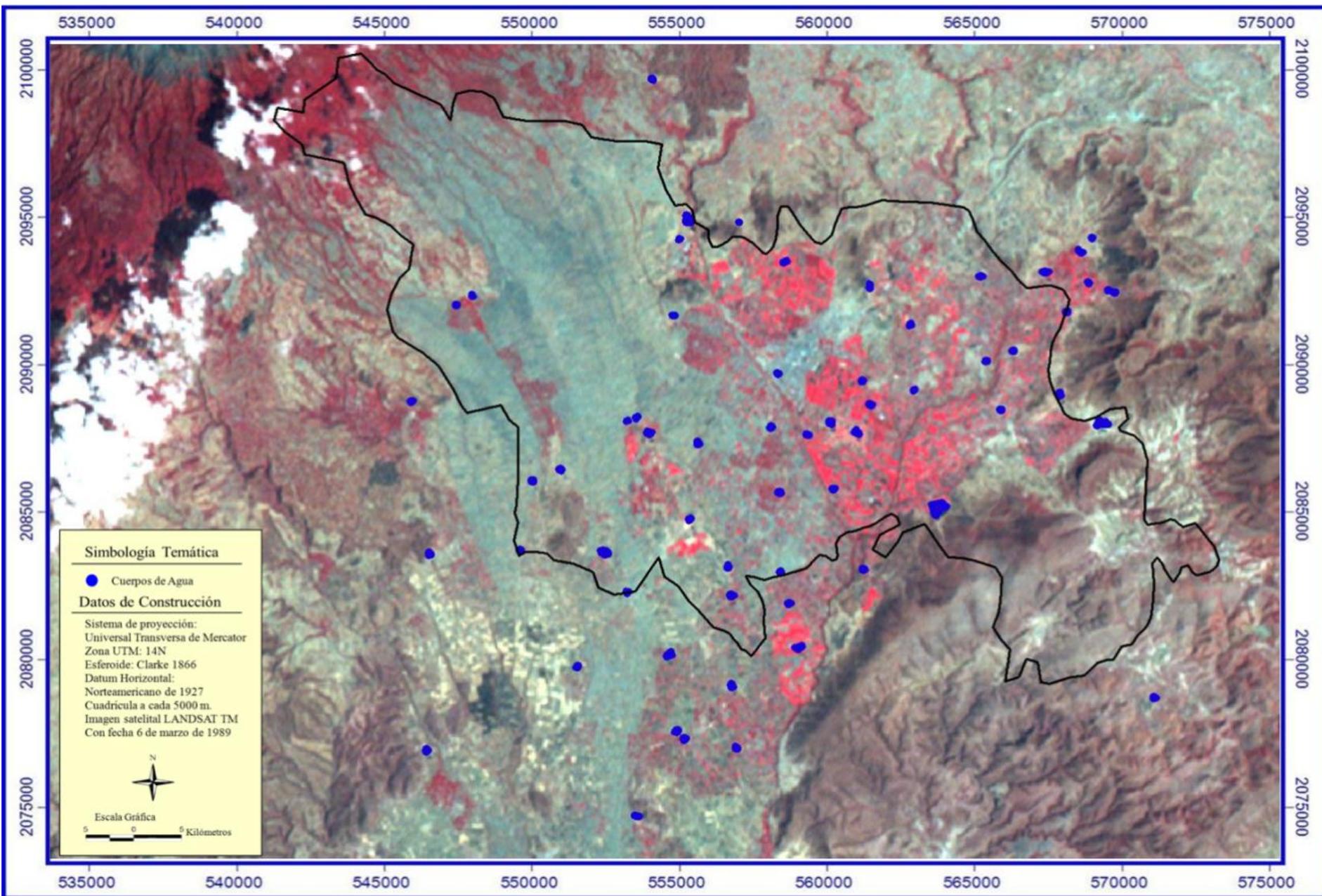
suelo, lo cual podría significar un preludio del cambio de uso del suelo, así lo muestra la tonalidad blanca de la imagen.

Figura 22. Principales cultivos de la región para el 21 de marzo de 1977.



Fuente: elaborada a partir de los datos obtenidos de la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI con fecha 21 de marzo de 1977.

Figura 23. Uso del suelo con fecha 6 de marzo de 1989.

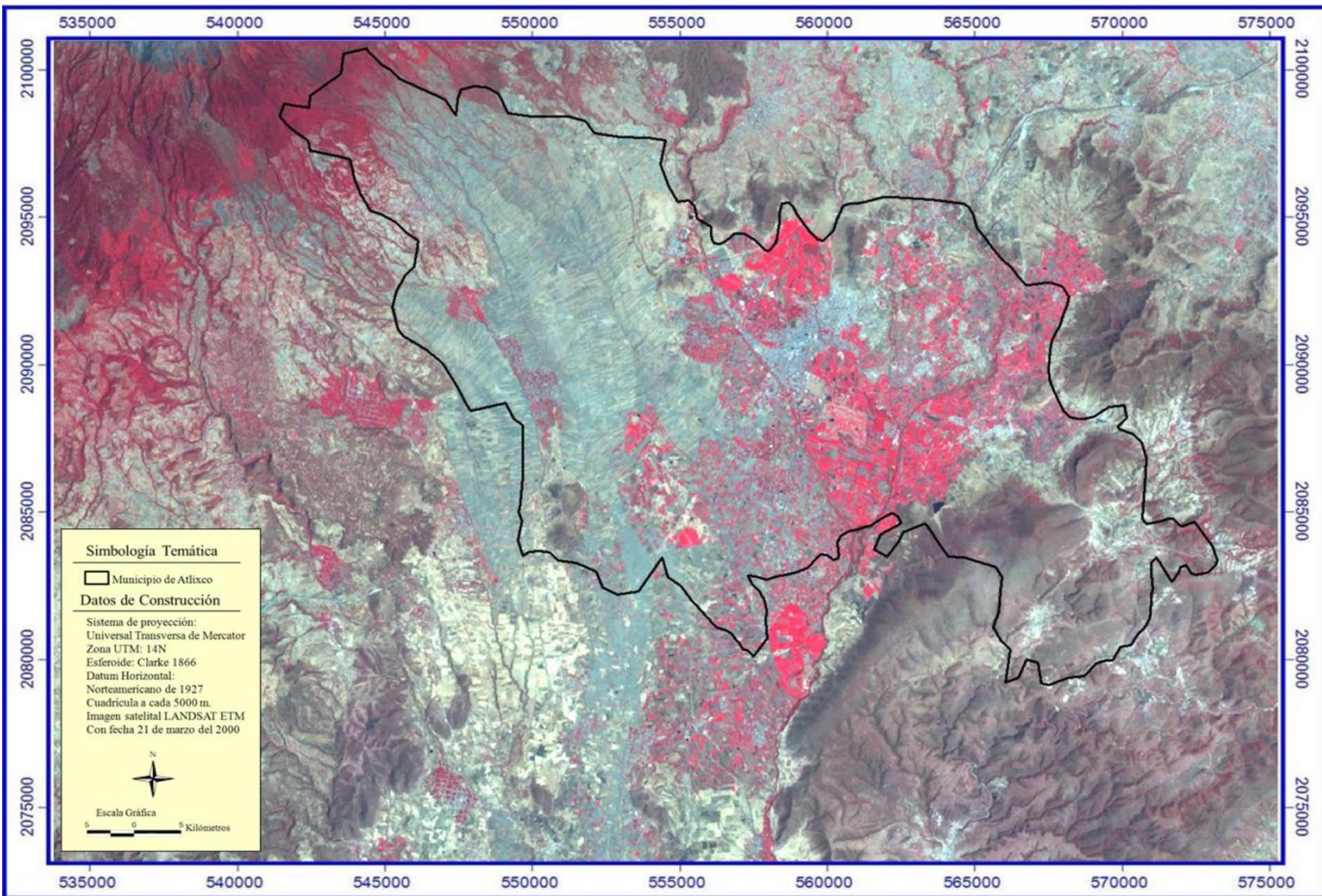


Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital LANDSAT con fecha 6 de marzo de 1989, con una resolución espacial de 30 metros.

En el contexto espacial la localización de distintas cubiertas de interés con elementos vecinos de la imagen, como por ejemplo el color rojo, se relaciona con coberturas vegetales, las cuales como se puede observar han disminuido considerablemente. En este sentido la forma y el contexto corresponden a un valle agrícola el cual contiene cultivos con riego como elemento central. Por otra parte la forma y el contexto azulado a blanco (trama urbana) se ha venido incrementando sobre espacios que anteriormente eran dedicados a distintas actividades agrícolas. Los diversos tonos rojos indican las áreas de alta actividad vegetativa (alta reflectividad en el infrarrojo cercano, banda 4 del Landsat TM), las áreas urbanas se parecen en tonos azulados, y las superficies de agua en tonos negros. Los diversos grados de cobertura vegetal quedan expresados así por la cantidad de rojo que puede encontrarse en cada celda. La textura de la imagen está referida al contraste espacial entre los distintos elementos presentes en la imagen y procede de la relación entre el tamaño de los objetos y la resolución del sensor. Se relaciona con la aparente rugosidad o suavidad de una región de la imagen.

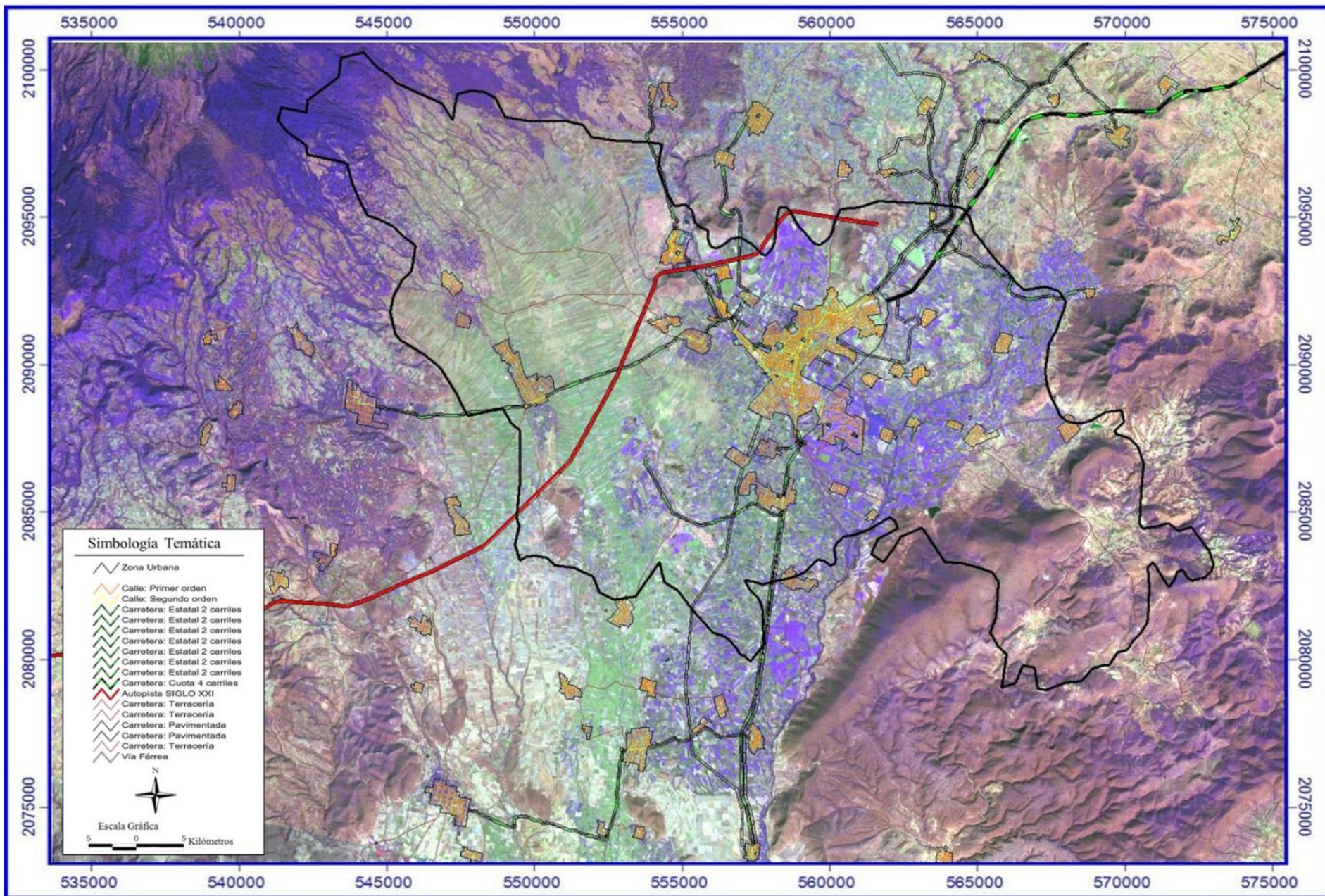
La figura 25, es una imagen satelital SPOT 5, con una resolución espacial de 10 metros por píxel, en esta imagen se acentúa y se hace más evidente el crecimiento urbano en el municipio, debido a que el área que originalmente se ocupaba para la agricultura se ha venido reduciendo en los últimos 30 años. La imagen contiene 2 capas de diferentes temáticas, la primera se refiere a la zona urbana y las distintas calles de primero y segundo orden, la segunda contempla las vías de comunicación existentes en la región, tanto de terracería como pavimentadas, así como la carretera federal Puebla-Atlixco-Izúcar de Matamoros y la autopista Siglo XXI (INEGI, 2001), se puede apreciar que la presencia de caminos incrementa de manera significativa el crecimiento poblacional sobre todo en la parte centro del municipio.

Figura 24. Uso del suelo en el Municipio de Atlixco, con fecha 21 de marzo del 2000.



Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital LANDSAT con fecha 21 de marzo del 2000, con una resolución espacial de 30 metros.

Figura 25. Uso del suelo en el Municipio de Atlixco, con fecha 21 de noviembre del 2007.



Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital SPOT con fecha 27 de noviembre de 2007, con una resolución espacial de 10 metros y datos vectoriales del INEGI, 2001.

6.3 Análisis de la cobertura vegetal mediante Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Para estudiar la cobertura vegetal e independizarla de los factores que distorsionan su observación, se han desarrollado los denominados índices de vegetación (IV). Estos índices tratan de aislar el componente vegetal de la respuesta del suelo y del agua, así como de determinar la actividad fotosintética de la planta (Bannari *et al.*, 1995). Diversas son las expresiones matemáticas que se han desarrollado con estos fines, desde simples restas de las bandas del infrarrojo cercano y la del rojo, hasta complejas ecuaciones normalizadas, sin embargo el índice más utilizado es el denominado Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, Deering, 1978).

La tecnología de los sensores remotos permite el seguimiento del crecimiento y desarrollo de la vegetación, mediante relaciones empíricas calculadas entre las variables biofísicas de los cultivos y los índices de vegetación espectrales (IV) (Verstraete y Pinty, 1996). La mayoría de los IV están basados en el alto contraste entre la banda del rojo (R) y la del infrarrojo cercano (IRC) para la vegetación (Tucker, 1979). Los índices de vegetación están influenciados principalmente por los efectos atmosféricos, la geometría sol-sensor y la mezcla suelo-vegetación. En particular, la variación en el brillo y color del suelo de fondo es muy importante para determinar variables biofísicas. Para reducir el efecto se han diseñado diferentes IV que minimizan la respuesta del índice a una misma cantidad de cubierta vegetal variando las condiciones del suelo de fondo, como los índices GESAVI (Gilabert *et al.*, 1997) y el NDVI (Paz *et al.*, 2007), cuyo rango de validez está limitado hasta una primera fase exponencial de los patrones (geometría o funciones) espectrales asociados al crecimiento de la vegetación (curvas iso-IAF). Romero *et al.* (2009) generalizan el NDVI para el caso de las fases exponencial y lineal (hasta el IAF máximo). El índice NDVI está diseñado en función de los patrones espectrales de las líneas iso-IAF y es una versión mejorada de otros índices bajo el mismo esquema de modelación (Paz *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2009). En el caso de cultivos la densidad del follaje de la vegetación es muy alta, provocando la saturación rápida de la banda del R, así como un efecto de reducción de las variaciones en las pendientes de las curvas iso-IAF, en las que está basado el NDVI y muchos otros IV.

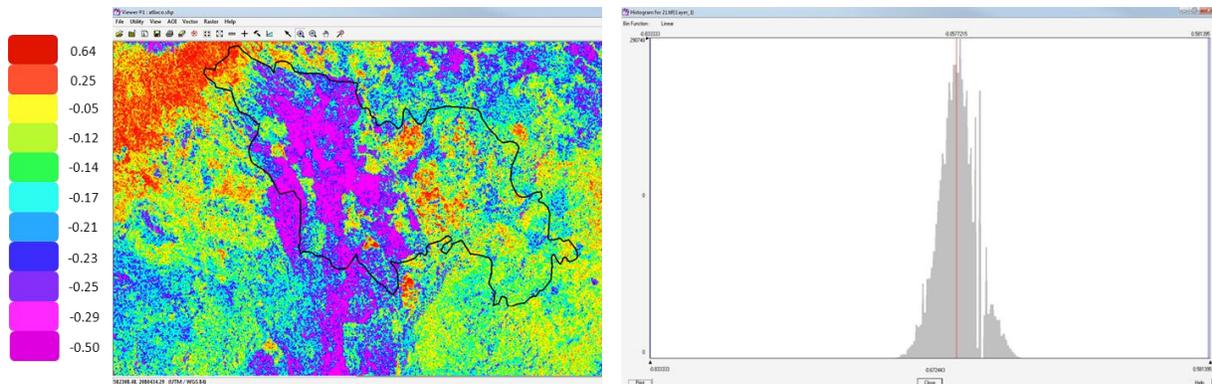
En este sentido la construcción de las series de tiempo del NDVI generadas a partir de las imágenes de satélite de la región de Atlixco, han permitido evaluar la dinámica estacional de la vegetación (Batista *et al.*, 1997). El intervalo de variación del NDVI queda comprendido entre -1 y 1; donde la vegetación siempre registra valores positivos según la estructura, fisonomía y densidad del tipo de vegetación (Reed *et al.*, 1994).

Entonces, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada puede expresarse de la siguiente forma:

$$\text{NDVI} = (\text{IR}-\text{R} / \text{IR} + \text{R}) \quad (1.1]$$

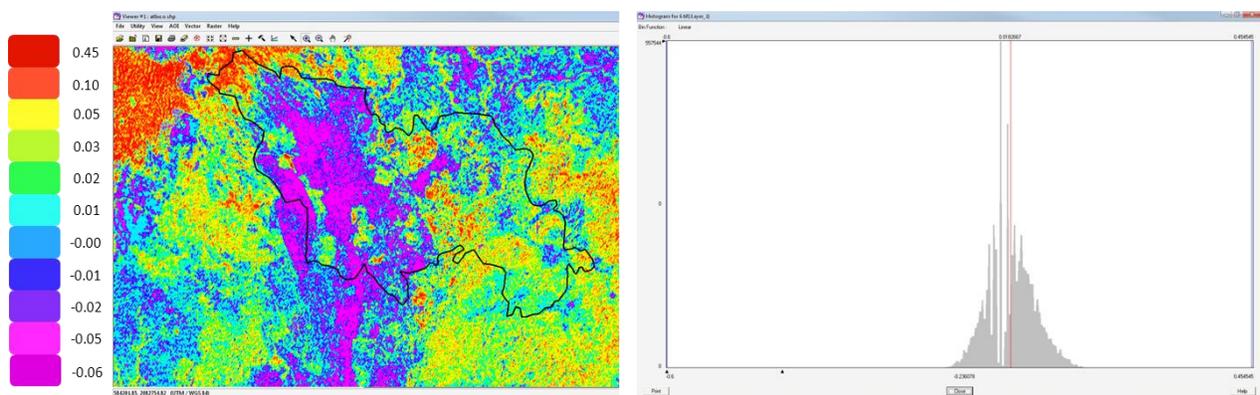
Debido a que la mayor parte de la información espectral de la vegetación se ubica en las regiones del rojo y del infrarrojo cercano (contenido de clorofila y de agua foliar) se generó un parámetro denominado índice de vegetación que combina la información de ambas regiones, logrando minimizar la influencia del suelo y las nubes, obteniendo un valor integrado que facilita la interpretación del estado de la vegetación (Gilabert *et al.*, 1997).

Figura 26. Índice NDVI en la región de Atlixco, Landsat MSS, 21 de marzo de 1977.



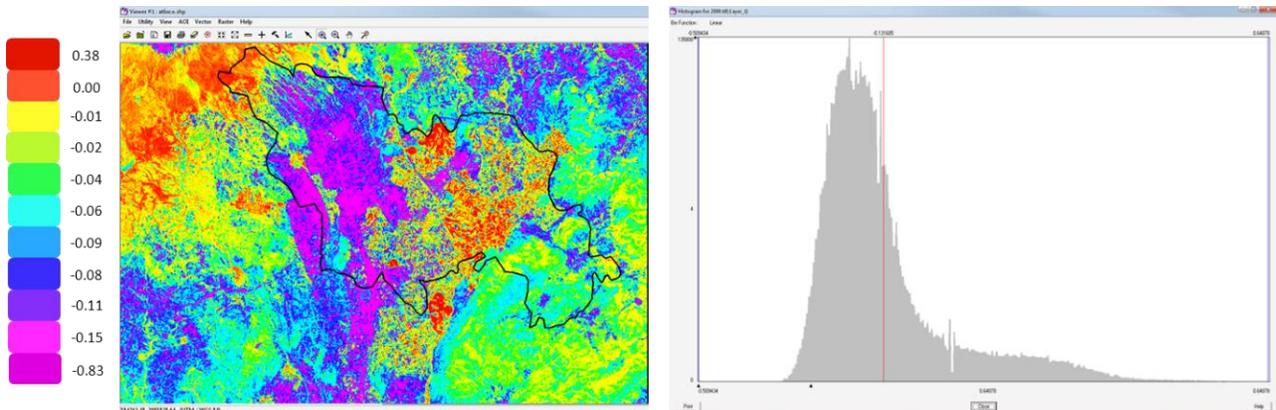
Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital LANDSAT con fecha 21 de marzo de 1977, con una resolución espacial de 30 metros.

Figura 27. Índice NDVI en la región de Atlixco, Landsat TM, 6 de marzo de 1989.



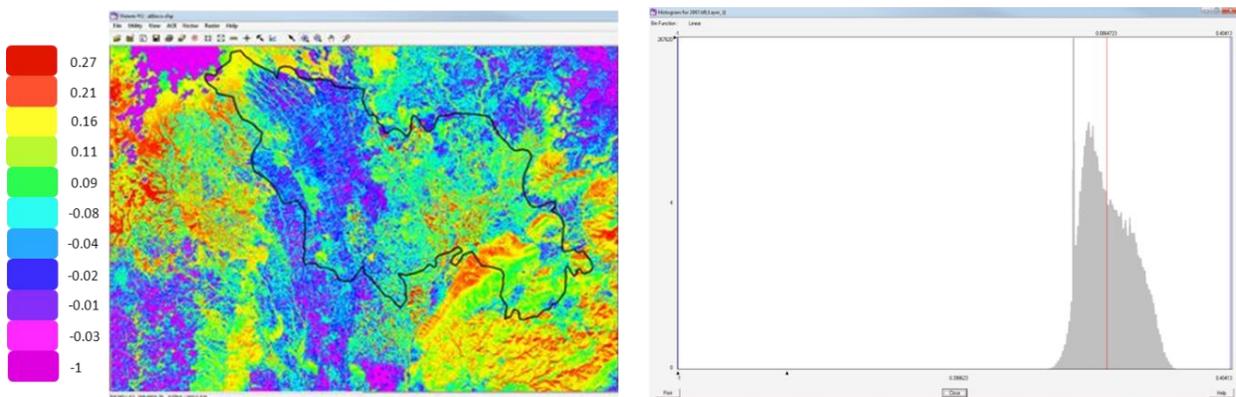
Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital LANDSAT con fecha 6 de marzo de 1989, con una resolución espacial de 30 metros.

Figura 28. Índice NDVI en la región de Atlixco, Landsat TM, 21 de marzo del 2000.



Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital LANDSAT con fecha 21 de marzo del 2000, con una resolución espacial de 30 metros.

Figura 29. Índice NDVI en la región de Atlixco, Spot TM, 27 de noviembre de 2007.



Fuente: elaborada a partir de una imagen satelital SPOT con fecha 27 de noviembre de 2007, con una resolución espacial de 2.5 metros.

La vegetación presenta un comportamiento espectral muy particular, que está determinado en gran parte por el estado fenológico de las hojas que forman el dosel, su contenido de humedad y densidad de cobertura (Chuvieco, 1960). Como podemos observar en las imágenes anteriores las áreas con vegetación presentan valores positivos de NDVI, mientras que las nubes, los cuerpos de agua y la nieve tienden a registrar valores negativos. Las rocas y el suelo desnudo presentan valores cercanos a cero. De acuerdo a los valores de reflectancia se calculó el rango del NDVI para diferentes coberturas: vegetación sana; 0.75, vegetación seca o senescente; 0.43 y suelo sin vegetación; 0.08, nubes; -0.9. De esta manera se observa que a mayor diferencia entre la respuesta espectral entre IR y R, el valor de NDVI tiende a valores positivos. Tales diferencias facilitan notablemente la interpretación de diferentes cubiertas. Por ejemplo, se ha señalado como umbral crítico (valor mínimo) para cubiertas vegetales un valor de NDVI en torno a -1 y para la vegetación densa de 0.65 (Holben, 1986). Si bien existen otros índices de vegetación, el NDVI ha sido, por mucho, el más utilizado en las últimas décadas (Gilabert *et al.*, 1997).

La interpretación de estas series de tiempo del NDVI se basa en las diferencias de color, el color rojo está asociado a una mayor actividad fotosintética y biomasa foliar (fase de crecimiento y madurez), en tanto que el violeta está relacionado con una baja actividad fotosintética y menor densidad foliar (fase de senescencia y caída del follaje). Las gráficas del NDVI facilitan el análisis cuantitativo de la pérdida de vegetación en valores. La pendiente positiva de la curva, es decir, su fase ascendente, está relacionada con la existencia de biomasa, mientras que la pendiente negativa o descendente representa la pérdida de vegetación, en muchos de los casos por la deforestación excesiva de la región con fines agrícolas, así como la pérdida de áreas verdes por el desarrollo de complejos urbanos. (Reed *et al.*, 1994).

Cuadro 8. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

| Año de Análisis | Máximo | | Mínimo | |
|-----------------|--------|---|--------|---|
| 1977 | 0.64 |  | -0.50 |  |
| 1989 | 0.45 |  | -0.06 |  |
| 2000 | 0.38 |  | -0.83 |  |
| 2007 | 0.27 |  | -1.0 |  |

Fuente: Elaborada a partir de 4 imágenes satelitales Landsat y Spot.

Los resultados obtenidos permiten comprobar que existe una pérdida importante de vegetación en la región de Atlixco a lo largo de 30 años. En el Cuadro 8 se puede observar que para el año de 1977 los valores de reflectancia del NDVI máximo se encontraba en 0.64 que de acuerdo al umbral determinado por Holben (1986) se considera una vegetación densa y un valor mínimo de -0.50, sin embargo también se puede apreciar que para el año de 1989 tuvo una caída de 0.19 como valor máximo y de -0.44 como valor mínimo. Para el año del 2000 la región presentó un decremento de 0.07 en su índice máximo de vegetación y un incremento de manera significativa en -0.77 el valor mínimo lo que indica una pérdida importante de vegetación en 11 años. Para el 2007 se obtuvo un índice máximo de vegetación de 0.27 y un valor mínimo de -1 lo que indica que comparado con el año de 1977 se tuvo una pérdida importante de vegetación de 0.37, logrando con ello alcanzar un umbral crítico lo que representa un alto porcentaje de suelos sin vegetación y/o erosionados, disminución de la vegetación que se encuentra relacionada con el crecimiento urbano y el abandono de la actividad agrícola y la sobre explotación de los recursos naturales.

6.4 Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo mediante imágenes Landsat de la región de Atlixco, Puebla, México.

La conversión humana de los hábitats naturales es la causa más grande de pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas, así como de alteraciones del ciclo hidrológico (FAO, 1995). El balance entre hábitat natural y el paisaje humano podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta. Por lo tanto es importante mapear y cuantificar el grado de conversión humana del hábitat natural al perturbado o transformado por el hombre (Lee *et al.*, 1995). La ecología se ha desarrollado permitiendo el tratamiento de la heterogeneidad y el grado de agregación. Estos enfoques han culminado en el campo emergente de la ecología del paisaje. Logrando con ello el tratamiento del paisaje fragmentado mediante mosaicos espaciales fluctuantes y temporales que son característicos de los ecosistemas (Moran, 1990).

La transformación acelerada de las superficies en áreas de uso agropecuario a urbano ha sido uno de los procesos más comunes en varias regiones de México durante los últimos 30 años (Landa *et al.*, 1998; Velásquez *et al.*, 2002a). Estas transformaciones se asocian con importantes cambios sobre los ecosistemas en todas las escalas. A nivel local induce la pérdida y degradación de suelos, cambios en el microclima y pérdida en la diversidad de especies. A nivel regional afecta en el funcionamiento de cuencas hidrográficas y de la cobertura vegetal. A nivel global, produce emisiones de gases de efecto invernadero que conllevan al cambio climático (Bocco *et al.*, 2001). Las transformaciones en las regiones, según Boisier (2003), son una mirada moderna de influencias en los cambios tecnológicos y en los procesos socioeconómicos que se encuentran relacionadas con el desarrollo regional, basado en el modo de manejo de una nación empresa. Al respecto Brunet (1986), señala que la región es una realidad viva. Su contenido cambia más o menos de prisa según los momentos, lo mismo que sus límites pueden soldarse, disociarse o reformarse.

Actualmente se han establecido conceptos analíticos que hacen referencia a porciones del territorio como lugar o escenario en donde se ubican procesos y relaciones sociales, así como elementos y procesos naturales, los cuales al estar indisolublemente articulados y que conforman

lo que se denomina complejo social-natural. Esta articulación entre lo social y lo natural se da a través de procesos ecológicos y biológicos cuyo desarrollo indica la estrecha interrelación entre ambos órdenes del ser y deja en claro que no se trata entre una relación entre objetos o entidades distintas que pueden concebirse separadamente (Coraggio, 1994). La región es un espacio en donde se concentra una población desigual pero que se relaciona entre sí. La delimitación de una región es instaurada de acuerdo a su forma, tamaño, localización, etc., en donde se conllevan diversos procesos sociales, mismos que proveen el tipo de organización espacial y las formas de apropiación del territorio.

La regionalización es un proceso de clasificación que conduce a una tipología. Resulta evidente que no hay una única regionalización para una extensión dada, sino varias posibles en función de los objetivos que se fijan, de los criterios adoptados, del sistema elegido como organizador y del espacio identificado (Cayetano, 2003). La regionalización sólo tiene sentido en función del objetivo asignado. De ello se deduce entonces la elección de las variables y de los parámetros, y por tanto de las interacciones e interrelaciones que se establecen entre los elementos (Dollfus, 1996). Una región puede verse como la forma espacial de un subsistema social históricamente determinado en donde los procesos, estructuras económicas, sociales y naturales producen, reproducen y transforman una configuración territorial. La lógica de lo anterior puede entenderse a partir de un proceso social complejo, lleno de causas singulares e irrepetibles, mismas que determinan las relaciones funcionales que ocurren entre las distintas variables y parámetros, que originan los cambios en el uso del suelo y del territorio en una escala mayor (Thrift, 1991).

Los cambios del uso del suelo planeados o espontáneos, ya sean legales o ilegales, son cada día más frecuentes (Pineda *et al.*, 2009). El ser humano al apropiarse de los recursos naturales cambia el estado de algunos de los componentes del sistema. Dadas las relaciones funcionales que ocurren entre los diferentes mecanismos, al cambiar el estado de uno de ellos se afecta, en mayor o menor grado, al resto de las unidades del sistema. Frecuentemente el impacto de las actividades humanas no se ve de manera inmediata. Más aún, algunas veces el impacto se da en lugares muy distantes al sitio en donde se efectuó la actividad humana. Esto dificulta el poder asociar un impacto en el ambiente con su fenómeno causal (Maass *et al.*, 2005). En la actualidad, los estudios sobre los procesos dinámicos de los cambios de uso del suelo y deforestación son

importantes y necesarios, ya que proporcionan información del comportamiento y las tendencias de los procesos de degradación, en los que intervienen factores ecológicos y socioeconómicos (Kaimowitz y Angelsen, 1998; Velázquez *et al.*, 2002; Priego *et al.*, 2004; Guerra y Ochoa, 2006). Estos procesos, propician impactos en los ecosistemas ocasionando pérdida de los recursos naturales en prácticamente todas las escalas.

En el caso de la región de Atlixco ubicada en el centro-oeste del Estado de Puebla, México, las modificaciones en el uso del suelo que se han venido dando a lo largo de la historia, han sido producto de los procesos de reestructuraciones socioeconómicas, de difusión, de la adopción de nuevas tecnologías, de descentralización industrial así como de las políticas gubernamentales que han legislado los recursos naturales como suelo, agua, bosque, tenencia de la tierra, etc. El crecimiento poblacional, aunado a las crecientes expectativas de desarrollo, constituye una enorme presión de uso sobre los recursos naturales. Esto no sólo se traduce en la intensificación de cultivos en áreas agrícolas, sino también en su expansión hacia zonas marginales (Castelán *et al.*, 2007).

Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo se encuentran en el centro de la atención de la investigación ambiental actual (Bocco *et al.*, 2001), debido a las implicaciones que éstos conllevan con relación a la pérdida de hábitat, de diversidad biológica y la capacidad productiva de los ecosistemas (Dunjó *et al.*, 2003; Milesi *et al.*, 2005; Heistermann *et al.*, 2006). Según Lambin (1997), la mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se debe a: 1) cambio y conversión de la cobertura del terreno; 2) degradación del terreno y erosión; y 3) intensificación en el uso de la tierra.

El cambio en la cobertura y uso del suelo es un tema que unifica las diferentes dimensiones del cambio ambiental global (Manson, 2006), por lo que su estudio necesita de una perspectiva a la interdisciplinaria al tener que incorporar conceptos, información y metodologías de diferentes áreas del conocimiento, debido a la complejidad de los factores bajo estudio.

Las actividades humanas actuales han sido reconocidas como una de las principales fuerzas que transforman actualmente a la biósfera, así como responsables de la mayoría del rápido cambio contemporáneo en los paisajes (Skole *et al.*, 1994; Kummer y Turner II, 1992; Meyer y Turner

II, 1994; Foster *et al.*, 1999). Una manera confiable para medir el grado de conversión ambiental antropogénica es a través del estudio de la dinámica espacio-temporal de uso del suelo, esto permite conocer las modificaciones de la vegetación debido al uso humano, así como la distribución, incremento y decremento de las tierras dedicadas a actividades antrópicas, ya sea productivas o como resultado del establecimiento o expansión de asentamientos humanos (Berry *et al.*, 1996; Priego *et al.*, 2004; Reyes *et al.*, 2006). La deforestación y la presión humana sobre la tierra para la producción de cultivos y la mecanización de las actividades agropecuarias, son algunas de las principales causas de la degradación de la tierra, que produce erosión del suelo y cambios profundos en los ecosistemas (Chikhaoui *et al.*, 2005). Debido al potencial impacto en los ecosistemas por este cambio en el uso del suelo, existe la necesidad de conocer, de manera integral, las razones por las que se ha venido dando esta transformación en la región de Atlixco.

La complejidad de los procesos de cambio en la región de Atlixco, tiene una clara manifestación sobre la cobertura de la vegetación y los diferentes usos del suelo, estando dichos cambios determinados por una red de complejas interacciones de factores socioeconómicos y medio-ambientales. A su vez, los usos del suelo son la expresión territorial del aprovechamiento y la explotación de los bienes y productos que proporcionan los diferentes ecosistemas. El crecimiento urbano y la evolución de la actividad agraria o de las actividades extractivas tiene una relación directa con los cambios en los usos del suelo. Los procesos de intensificación y de marginalidad humana se manifiestan en transformaciones en los modos de aprovechamiento que, a la larga, conducen a cambios en los usos del suelo. Las interacciones que se dan en esta región entre seres humanos y los ecosistemas, se ven fuertemente condicionadas por la alteración o desaparición de determinadas prácticas y modos de aprovechamiento. El sistema social determina los objetivos humanos y el ecosistema presenta un abanico de posibilidades a través del cual estos objetivos se hacen realidad (Fitzhardinge, 1994). La tecnología, la ideología y la estructura económica son el producto de la relación entre la sociedad y el ecosistema. La interacción entre el ecosistema y el sistema social presenta la necesidad de examinar y comprender la relación existente, así como el mantenimiento de la biodiversidad y de la sostenibilidad de los ecosistemas (Fitzhardinge, 1994).

Desde épocas prehispánicas Atlixco ha sido un territorio en disputa, por sus excelentes condiciones físico geográficas, debido a que en sus alrededores se producían diversos cultivos para el autoconsumo y para el intercambio entre los señoríos de la región (Lomelí, 2001). A la llegada de los españoles, este territorio adquiere relevancia no sólo por el antiguo significado simbólico y cultural que los indígenas le otorgaban, sino por la fertilidad de sus suelos, la abundancia de recursos naturales, el conocimiento de sus pobladores de la agricultura y fundamentalmente, la existencia de una infraestructura para el riego, que hacía factible el acceso al agua y ampliaban su potencial como tierras de cultivo (Lomelí, 2001). En la actividad productiva en la región se ha diversificado, incrementándose los cultivos de hortalizas, las frutas y plantas de ornato, alcanzando primeros niveles de productividad estatal y nacional en cultivos como el chile, jitomate y aguacate (Castañeda, 2005).

Una importante área de investigación de análisis en la detección de las diferencias en la cobertura vegetal y en el cambio de uso del suelo a través del tiempo, ha sido el uso de la percepción remota (PR). La percepción remota, como un método de observación a distancia de un sistema físico, ha cobrado importancia principalmente con el avance de la tecnología espacial. En la actualidad, la percepción remota tiene elementos propios de análisis enmarcados en el método científico que le permiten resolver diversos problemas en la investigación experimental a través de la interpretación de imágenes de satélite (Lira, 1997). Las técnicas de PR miden la cantidad de energía electromagnética que los objetos dispersan mediante distintos mecanismos de índole físico al interactuar con una fuente de radiación electromagnética, regularmente la energía solar. Los principales sistemas de PR lo constituyen los satélites artificiales que giran en torno a la tierra, los cuales poseen una serie de aditamentos tecnológicos (sensores) capaces de detectar las señales emanadas y reflejadas por objetos sobre la superficie terrestre resultantes de la interacción con la radiación solar; la manera de representar esa información es mediante las denominadas imágenes de satélite. Estas imágenes no solo proporcionan información a nivel visual sino también en una serie de ámbitos físicos y estadísticos (Lillesand, *et al.*, 2008).

Las técnicas de detección de cambio utilizan las imágenes de satélite como un insumo principal, se basan en el supuesto de que cualquier transformación en la cobertura resultará en alteraciones en los valores de reflectancia lo suficientemente grandes para ser registradas. Para el análisis de

este fenómeno debe buscarse que las imágenes tengan condiciones atmosféricas, de ángulo solar y humedad del suelo similares (Singh, 1989). Si bien la utilización de imágenes de satélite es importante en la identificación de las transformaciones de zonas rurales a urbanas, en la disminución de la cobertura vegetal e incluso en la transición de una cobertura a otra, es necesario el uso de otro tipo de información como respaldo en el análisis (Gómez, 1997). En general los estudios de detección de cambio para ordenamiento territorial en México han empleado fuentes existentes, tales como cartografía del INEGI, series 1 a 3, y/o los inventarios forestales (Palacio-Prieto *et al.*, 2000). Velázquez y colaboradores publican en 2003, un estudio en donde ocupan cartografía de cobertura vegetal, realizados en previas investigaciones, superpuestos sobre imágenes LANDSAT ETM+ para detectar cambios en el uso del suelo en el estado de Oaxaca.

El estudio y evaluación de los cambios del espacio geográfico son elementos básicos para la planeación del uso de la tierra y el ordenamiento del territorio. En el caso específico de las áreas destinadas a la conservación de los recursos naturales, los estudios geográficos y cartográficos permiten reconocer el espacio con distintos niveles de aproximación y detalle (Tricart y Kilian, 1982). Es necesario hacer uso de diferentes escalas y herramientas, a fin de construir modelos cartográficos mediante la disponibilidad y manejo de gran cantidad de información especializada, sistematizada y de alta calidad. Esta debe de poder ser organizada con base en datos que se integren a un Sistema de Información Geográfica (SIG) para hacer eficiente su almacenamiento, procesamiento, análisis y síntesis con fines de planeación (Tricart y Kilian, 1982).

6.4.1 Distribución espacial de las coberturas y agrosistemas presentes en el uso del suelo en 1977.

La dinámica de cambio en el uso del suelo presente en 1977 en la región de Atlixco y la superficie en hectáreas asociado a cada uno de ellos se pueden observar en el Cuadro 9. Los agrosistemas dominantes son la agricultura de temporal (AT), la cual abarca una extensión de 40,986.41 hectáreas, lo que supone un 37.64% de la extensión total. El segundo agrosistema lo integra el palmar (PAL) que supone 18,107.12 ha, seguidas por la superficie que representa la agricultura de riego (AR) así como la selva baja (SB) con 13,616.92 ha. y 8,249.13 ha. respectivamente. El uso del suelo destinado a la agricultura de todos los tipos, tiene una representación del 50.15% del total de la región y las zonas urbanas (ZU) ocupan tan solo el 3.13%. El área restante tiene una representación notable del 49.85% y corresponde a los varios tipos de vegetación natural de la región como bosque pino encino (BPE), pradera de alta montaña (PAM), áreas sin vegetación (ASV), pastizal inducido (PI), bosque pino (BP) y bosque encino (BE). En la región analizada se aprecia un claro uso del suelo destinado a la agricultura de temporal y de riego, así como un ligero crecimiento del asentamiento urbano.

Cuadro 9. Dinámica de Cambio Uso del Suelo 1977-2007. Región de Atlixco

| Uso del Suelo | Superficie (Ha) | | | | | |
|---------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | 1977 | % | 2000 | % | 2007 | % |
| BP | 7,485.38 | 6.88 | 6,935.12 | 6.37 | 5,730.13 | 5.26 |
| BE | 2,576.46 | 2.37 | 2,254.94 | 2.07 | 2,304.41 | 2.12 |
| BPE | 2,713.93 | 2.49 | 2,356.77 | 2.16 | 1,846.05 | 1.70 |
| PAL | 18,107.12 | 16.63 | 11,702.89 | 10.75 | 8,420.19 | 7.73 |
| SB | 8,249.13 | 7.58 | 13,939.11 | 12.80 | 15,335.21 | 14.08 |
| PI | 7,136.15 | 6.55 | 14,235.86 | 13.08 | 16,515.35 | 15.17 |
| PAM | 2,850.74 | 2.62 | 2,754.56 | 2.53 | 1,536.48 | 1.41 |
| AR | 13,616.92 | 12.51 | 7,612.40 | 6.99 | 4,442.61 | 4.08 |
| AT | 40,986.41 | 37.64 | 32,479.41 | 29.83 | 29,869.62 | 27.43 |
| ZU | 3,406.38 | 3.13 | 12,031.55 | 11.05 | 20,182.94 | 18.54 |
| ASV | 1,748.73 | 1.61 | 2,574.75 | 2.36 | 2,694.36 | 2.47 |
| TOTAL | 108,877.35 | 100 | 108,877.35 | 100 | 108,877.35 | 100 |

Fuente: Elaboración propia sobre imagen de satélite Landsat MSS y TM.

6.4.2 Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en año 2000

La clasificación correspondiente al 2000 muestra diferencias importantes en la región respecto a la distribución superficial de los usos del suelo en 1977. Aunque existió una disminución importante en la agricultura de temporal (AT), aún sigue siendo la categoría dominante en el uso del suelo la cual corresponde a 32,479.41 ha que sólo representa el 29.83% del total de la superficie. En 1977 a este uso del suelo correspondían 40,986.41 ha lo que significa que el uso del suelo ha cambiado. La siguiente categoría en orden de extensión es la de pastizal inducido (PI), con una superficie de 14,235.86 ha y una representatividad del 13.08%, este incremento representa un cambio en el uso del suelo destinado a la agricultura de temporal (AT) primordialmente. El uso del suelo ocupado por la selva baja tuvo un incremento importante al pasar de 8,249.13 ha en 1977 a 13,939.11 ha lo que representa el tercer porcentaje más alto en este periodo con 12.80%. El uso correspondiente a palmar tuvo una disminución importante, durante este periodo, al pasar de 18,107.12 ha en 1977 a 11,702.89 ha en el 2000. En cuanto al uso del suelo correspondiente a zona urbana, se nota un incremento importante en superficie, siendo su extensión de 12,031.55 ha y su representatividad pasó del 3.13% en 1977 al 11.05% en el 2000, lo cual indica un significativo incremento de la mancha urbana a lo largo de 23 años. Es importante hacer notar que dentro del uso del suelo ocupado por la agricultura de riego (AR) se observan, al parecer, procesos de mayor intensificación en los aprovechamientos y modos de explotación derivados de la presencia de invernaderos y, sobre todo, de cultivos como hortalizas y plantas ornamentales. La presencia de lo anterior, se identifica con mayor claridad, en la parte norte y noroeste de la Ciudad de Atlixco, lo que resulta indicativo de la entrada y reafirmación de usos intensivos en los aprovechamientos agrícolas.

6.4.3 Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en año 2007

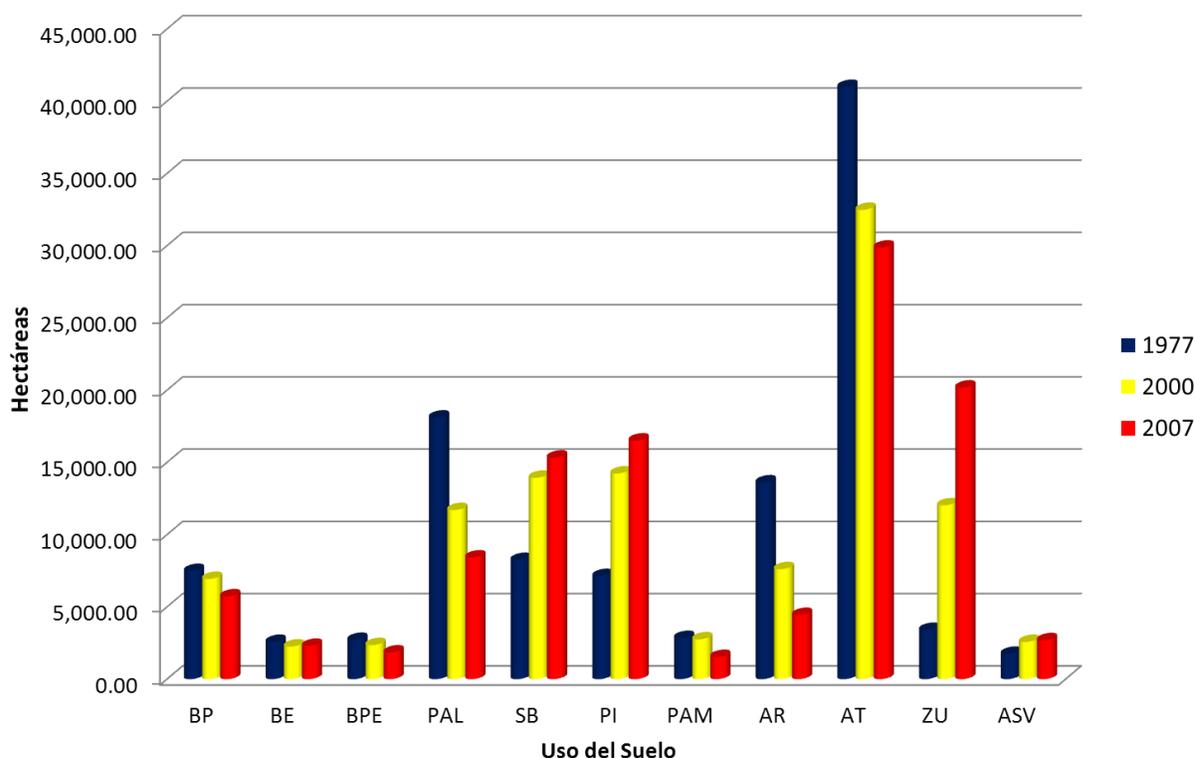
La clasificación correspondiente al 2007 muestra diferencias importantes en la región respecto a la distribución superficial de los usos del suelo en el 2000. Existe una disminución importante en la agricultura de temporal (AT), aunque sigue siendo la categoría dominante en el uso del suelo la cual corresponde a 29,869.62 ha. Ella sola representa el 27.43% del total de la superficie. En el 2000 a este uso del suelo correspondían 32,479.41 ha. Lo que significa que su superficie ha

disminuido su tamaño. La siguiente categoría en orden de extensión es la de zona urbana (ZU), con una superficie de 20,182.94 ha y una representatividad del 18.54%, este incremento representa un cambio importante en el uso del suelo en comparación con el destinado a la agricultura de temporal (AT) y de riego (AR). Es importante hacer notar que dentro del uso del suelo de agricultura de riego (AR) se asiste a procesos de mayor intensificación en los aprovechamientos y modos de explotación derivados de la presencia de invernaderos y, sobre todo, de cultivos como hortalizas y plantas ornamentales. Su presencia se identifica en la parte norte y noroeste lo que resulta indicativo de la entrada y reafirmación de usos intensivos en los aprovechamientos agrícolas.

6.4.4 Cambios en las coberturas y en el uso del suelo (1977-2007)

La valoración de los cambios en las coberturas y usos del suelo en la región de Atlixco para el período 1977-2007 se puede realizar a partir de la información obtenida con la matriz de confusión y de las estadísticas asociadas. El Cuadro 9 muestra la distribución que a lo largo del período analizado han mantenido el uso o, por el contrario, han experimentado algún tipo de cambio. De este modo es posible realizar un modelo de las permanencias y modificaciones en los usos del suelo y estimar los cambios en su extensión superficial. El Cuadro 9 recoge, para cada categoría, las superficies ocupadas en 1977, 2000 y 2007, la diferencia entre superficies y el porcentaje que representa dicho cambio. El trabajo en el que se basa este capítulo cuantifica mediante la determinación de tasas de cambio las superficies transformadas por categoría y la dirección de estos cambios (Fernández, 2008).

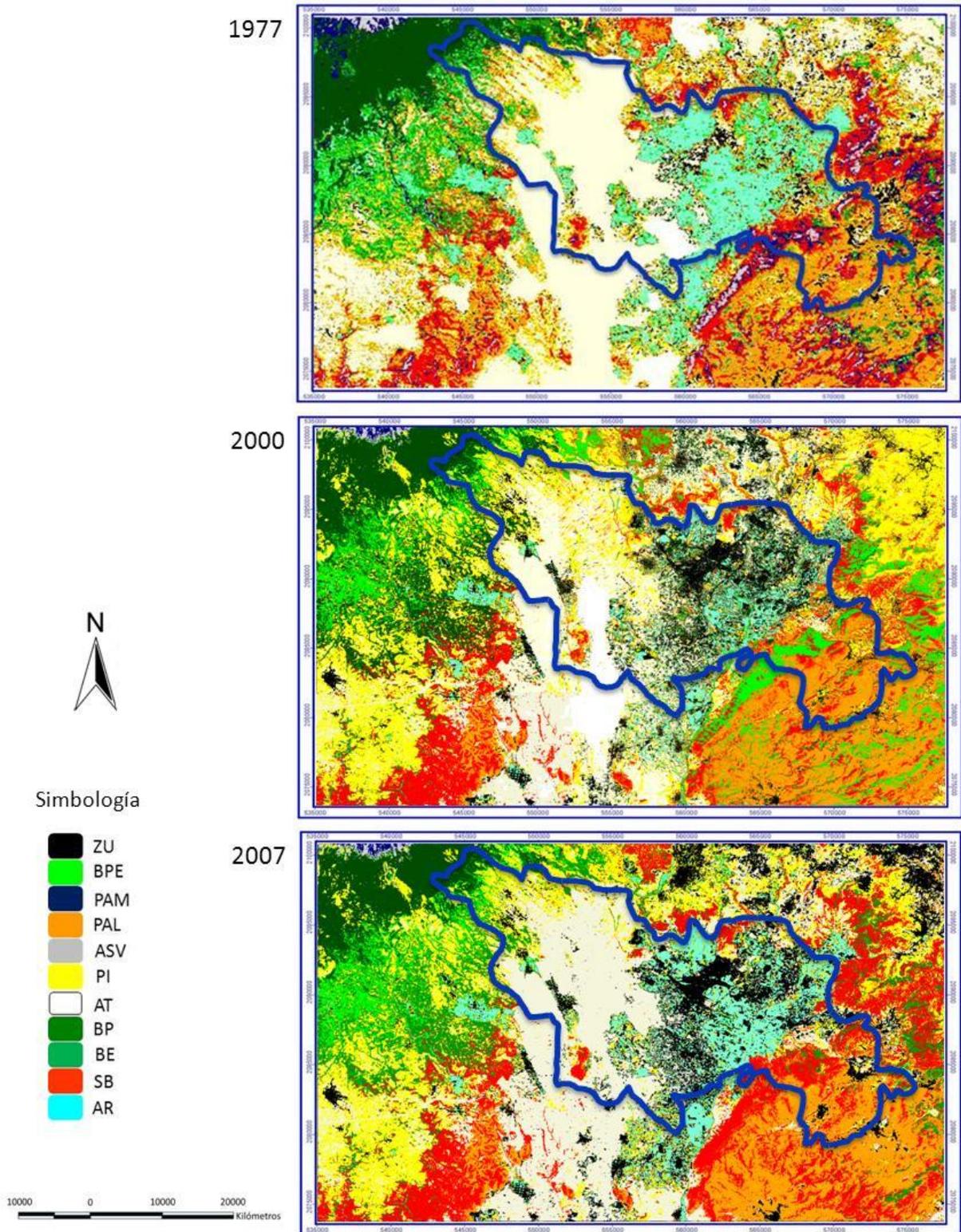
Figura 30. Hectáreas de uso y cobertura del suelo de las clasificaciones del 1977 y 2007 en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia con base en la información del cuadro 9.

La figura 30 muestra los cambios y permanencias con relación a la cobertura del suelo para las distintas clasificaciones, comprendidas durante el periodo de 1977 al 2007 en la región de Atlixco. En ella se puede observar la existencia de una creciente cobertura en la clasificación de zonas urbanas (ZU). Este incremento en la zona se da principalmente, por las diversas vías de comunicación que existen dentro de la misma, así como la estrecha relación con los usos agrícolas en regadío y, en particular, con la expansión de los cultivos protegidos con fines comerciales. En la figura 31 podemos observar los cambios y transformaciones de manera espacial, en donde la clasificación de zonas urbanas (ZU) tiende a crecer de manera significativa a lo largo de 30 años con dirección noroeste principalmente.

Figura 31. Comparativo espacial de uso del suelo en la región de Atlixco, Puebla, 1977-2000-2007.



Fuente: Elaboración propia.

6.4.5 Tasa de cambio uso del suelo, (1977- 2000) y (2000-2007)

El Cuadro 10 muestra información en las tasas de cambio por categorías, en donde se puede observar que en su conjunto constituyen un uso en retroceso debido, sobre todo, a la ganancia de suelo ocupado por la categoría de zonas urbanas y pastizal inducido. Los suelos agrícolas se identifican con las categorías de invernadero, mezcla de cultivos, de agricultura de temporal y de riego. La primera valoración que cabe realizar es la pérdida de superficies en las categorías agricultura de temporal y agricultura de riego, al tiempo que se incrementan otras, como la de zona urbana, pastizal inducido y selva baja. La superficie dedicada a la agricultura de riego y a la agricultura de temporal disminuyen, respectivamente, en 9,174.31 ha y 11,116.79 ha. La resolución de las imágenes puede crear confusión entre invernaderos y zonas urbanas, una forma de aminorar dicha confusión fue mediante la obtención de firmas espectrales. Las condiciones físicas del territorio y la presión antrópica son dos factores a tener en cuenta en la dinámica futura de los usos del suelo. Los porcentajes señalados son, en todo caso, elevados y ponen de manifiesto la disminución del uso del suelo para realizar agricultura de temporal y de riego a cielo abierto.

Cuadro 10. Tasa de Cambio en la región de Atlixco. Uso del Suelo, 1977-2007

| Uso del Suelo | Cambio (ha) | | Cambio (%) | | Tasa de Cambio | |
|---------------|-------------|-----------|------------|-----------|----------------|-----------|
| | 1977-2000 | 2000-2007 | 1977-2000 | 2000-2007 | 1977-2000 | 2000-2007 |
| BP | 550.26 | 1,204.98 | 0.51 | 1.11 | -0.30 | -2.64 |
| BE | 321.52 | -49.47 | 0.30 | -0.05 | -0.53 | 0.30 |
| BPE | 357.16 | 510.72 | 0.33 | 0.47 | -0.56 | -3.36 |
| PAL | 6,404.23 | 3,282.70 | 5.88 | 3.01 | -1.73 | -4.50 |
| SB | -5,689.98 | -1,396.11 | -5.23 | -1.28 | 2.12 | 1.35 |
| PI | -7,099.71 | -2,279.49 | -6.52 | -2.09 | 2.80 | 2.10 |
| PAM | 96.18 | 1,218.08 | 0.09 | 1.12 | -0.14 | -7.85 |
| AR | 6,004.52 | 3,169.79 | 5.51 | 2.91 | -2.30 | -7.26 |
| AT | 8,507.00 | 2,609.79 | 7.81 | 2.40 | -0.93 | -1.17 |
| ZU | -8,625.17 | -8,151.39 | -7.92 | -7.49 | 5.18 | 7.51 |
| ASV | -826.02 | -119.61 | -0.76 | -0.11 | 1.56 | 0.64 |

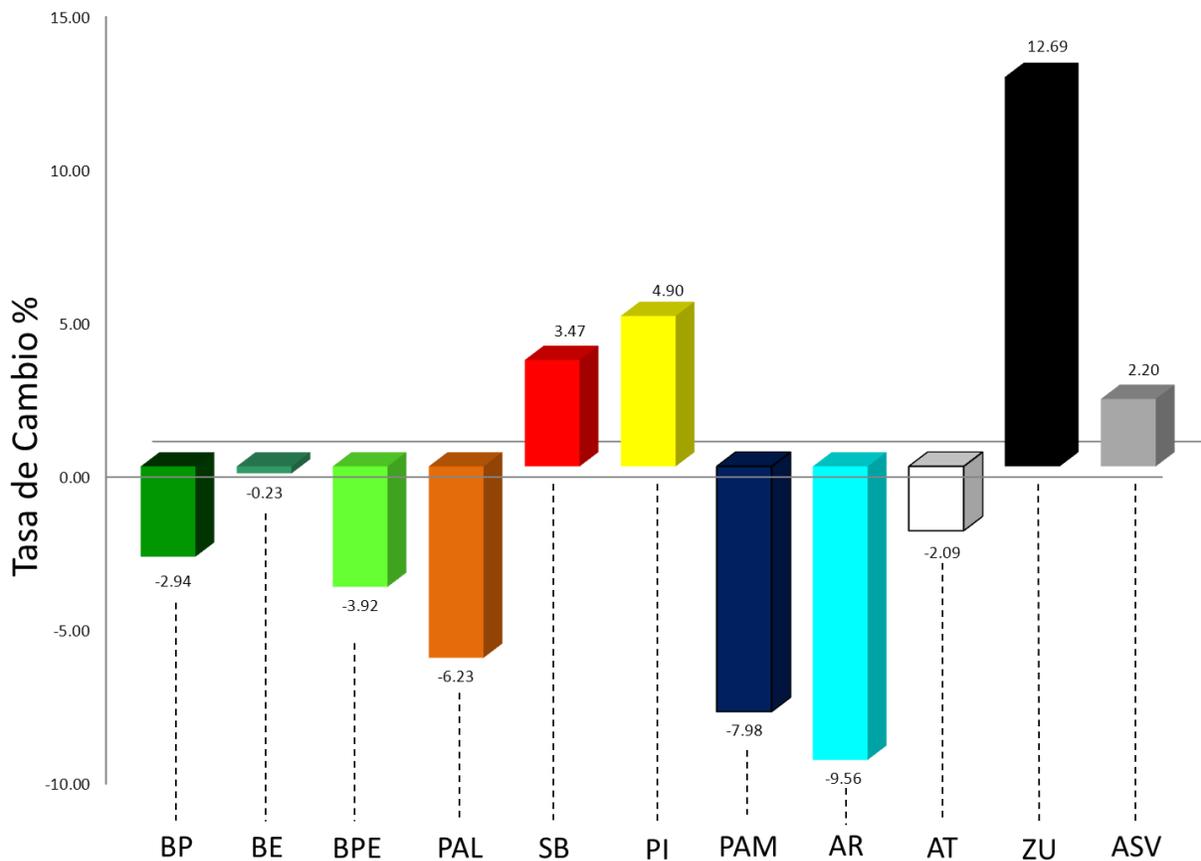
Fuente: Elaboración propia

Para comprender a mayor detalle la dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo en la región, a continuación se desglosan y analizan las tasas de cambio para cada periodo (1977-2000): el primero que comprende de 1977 al año 2000; y el segundo del 2000 al 2007. Durante el primer periodo (1977-2000), la masa boscosa pasó de 30,882.89 a 23,249.71 ha. con una razón de cambio de -3.13%, disminuyendo la superficie del bosque pino encino en 357.16 ha., la de palmar en 6,404.23 ha., la de bosque pino en 550.26 ha y la de bosque encino en 321.52 ha. Las selvas bajas sufrieron un incremento con respecto a los bosques durante este periodo, ya que la tasa de cambio fue de 2.12% con un total de 5,689.98 ha. La superficie ocupada por pastizal inducido presentó una tasa de cambio 2.80%, de tal manera que para el 2000 la superficie ocupada era de 14,235.86 ha; es decir, aumentó su superficie en 7,099.71 ha. La agricultura de temporal disminuyó en un -0.93% equivalentes a 8,507 ha. Debido principalmente al incremento de pastizal inducido y al crecimiento de las zonas urbanas, pasando de 3,406.38 a 12,031.55 ha, y destacando por presentar la más alta relación de cambio 5.18%. Finalmente, la agricultura de riego a cielo abierto se redujo en 6,004.52 ha con una tasa de -2.30%. Este decremento se derivó principalmente por el crecimiento de las zonas urbanas.

Durante el segundo periodo (2000-2007), la masa boscosa pasó de 23,249.71 a 18,300.78 ha con una razón de cambio de -10.20%, disminuyendo la superficie del bosque pino encino en 510.72 ha, la de palmar en 3,282.70 ha., la de bosque pino en 1,204.98 ha. La de bosque encino registró un incremento de 49.47 ha. Las selvas bajas tuvo un incremento con respecto a la tasa de cambio del primer periodo de 1.35% con un total de 5,689.98 ha. La superficie ocupada por pastizal inducido presentó un decremento en su tasa de cambio de 2.10%, de tal manera que para el 2007 la superficie ocupada era de 16,515.35 ha; es decir, disminuyó su superficie en 2,279.49 ha., la agricultura de temporal se redujo en un -1.17% equivalentes a 2,609.79 ha, la agricultura de riego a cielo abierto se redujo en 3,169.79 ha. con una tasa de 7.26%, estas disminuciones se debieron principalmente al incremento de las zonas urbanas, pasando de 12,031.55 a 20,182.94 ha, y destacando por presentar la más alta relación de cambio 7.51%. En la figura 32 se presentan las tasas anuales de cambio estimadas con base en el análisis del periodo 1977-2007, expresadas en porcentaje. Los valores por debajo de cero (negativos) indican las categorías que están perdiendo superficie y las que se proyectan por arriba (valores positivos) las que se están incrementando.

Los resultados de la clasificación muestran un aumento considerable en los usos de tipo urbano principalmente debido a la apertura de nuevos espacios en proceso de ocupación por desarrollo residenciales. Otro cambio notable es la reducción importante de las áreas destinadas a la agricultura de temporal entre 1977 y 2007. Una manera clara de mostrar el ritmo o velocidad de conversión que experimentan tanto las coberturas de vegetación como los diferentes usos antrópicos es comparar las tasas de cambio y sus tendencias (Mass *et al.*, 2003).

Figura 32. Tasas de cambio que denotan las categorías que pierden y las que ganan superficie al comparar las bases de datos 1977-2007 en la región de Atlixco, Puebla.



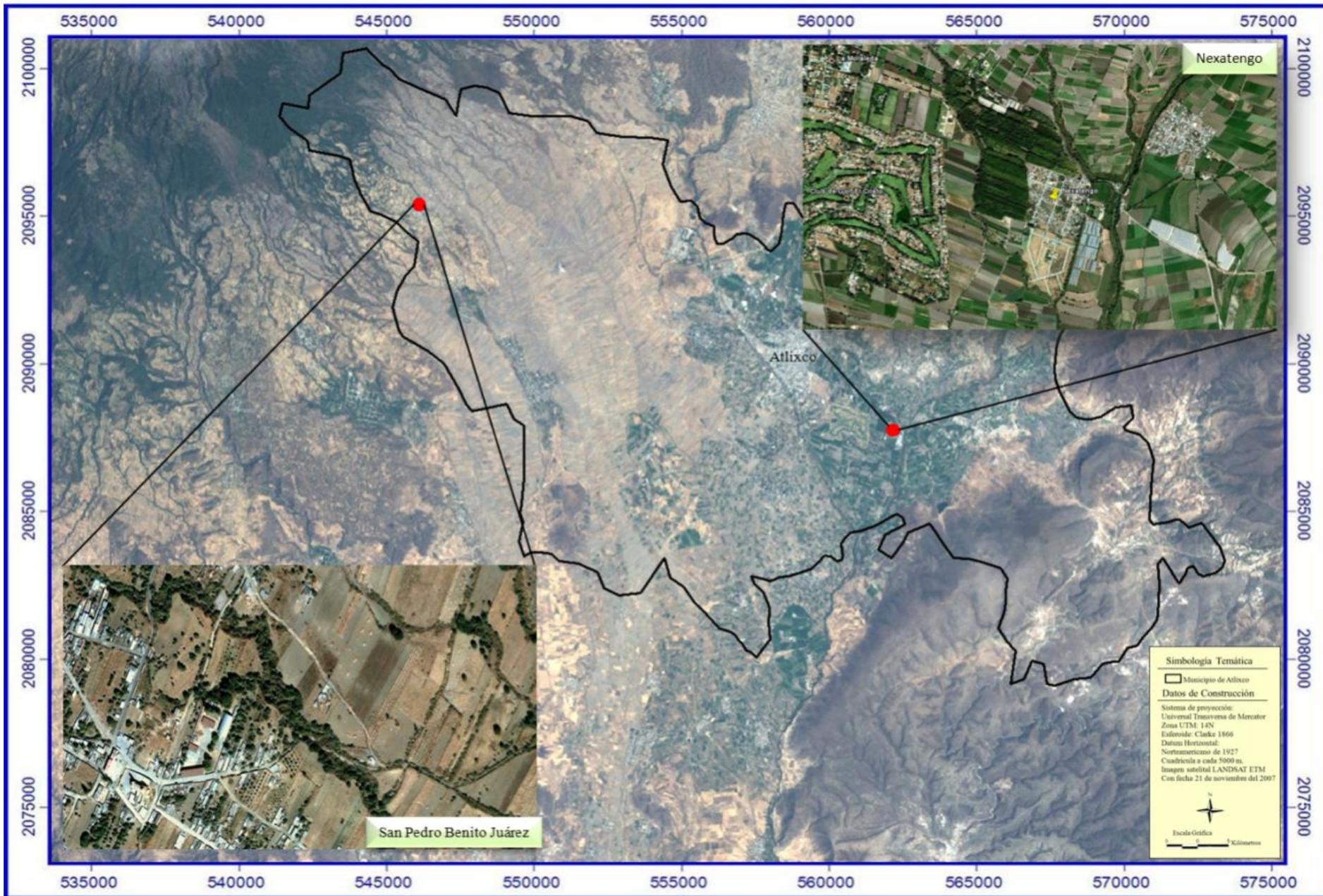
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el cuadro 10.

6.5 Transformación del uso del suelo agrícola a urbano y su impacto social en las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo.

El objetivo de este apartado es conocer y analizar los factores sociales, políticos, agrícolas y ambientales que influyen en la dinámica del cambio de uso del suelo en dos localidades del Municipio de Atlixco, Puebla. En la investigación se realizaron recorridos de campo exploratorios en los años 2010 y 2011, así como entrevistas a informantes clave, además se empleó un muestreo estadístico. Se aplicaron 60 entrevistas a productores agrícolas de la comunidad de Nexatengo y San Pedro Benito Juárez en los meses comprendidos de febrero a mayo del 2011, los cuales permitieron obtener información con respecto a las características generales de los campesinos, los cambios en la mano de obra, en el rendimiento por hectárea obtenido, en los cultivos, en la tenencia, extensión de superficie, en el uso de suelo, así como la actitud hacia el cambio en el uso del suelo desde la perspectiva social y ambiental, principalmente.

Las localidades de estudio son San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo pertenecientes al Municipio de Atlixco, Puebla. El primero se ubica entre las coordenadas geográficas 18° 56'60" latitud norte y 98° 33'37" longitud oeste, tiene una altitud de 2,342 msnm, la principal actividad económica es a la agricultura y el número de habitantes es de 4,026, los cuales se dividen en 1,829 menores de edad y 2,197 adultos, 1,807 son hombres y 2,219 mujeres, de los cuales 628 tienen más de 60 años. La distancia que hay de esta junta auxiliar hacia la cabecera es de 15 kilómetros (INEGI, 2005). El segundo se ubica entre las coordenadas geográficas 18° 52' 51" latitud norte y 98° 24' 33" longitud oeste, tiene una altitud de 1,771 msnm, la población total es de 846 personas, de los cuales 404 son masculinos y 442 femeninas, 397 son menores de edad y 449 son adultos, de éstos últimos 66 tienen más de 60 años (figura 33) (INEGI, 2005).

Figura 33. Ubicación geográfica de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco Puebla.



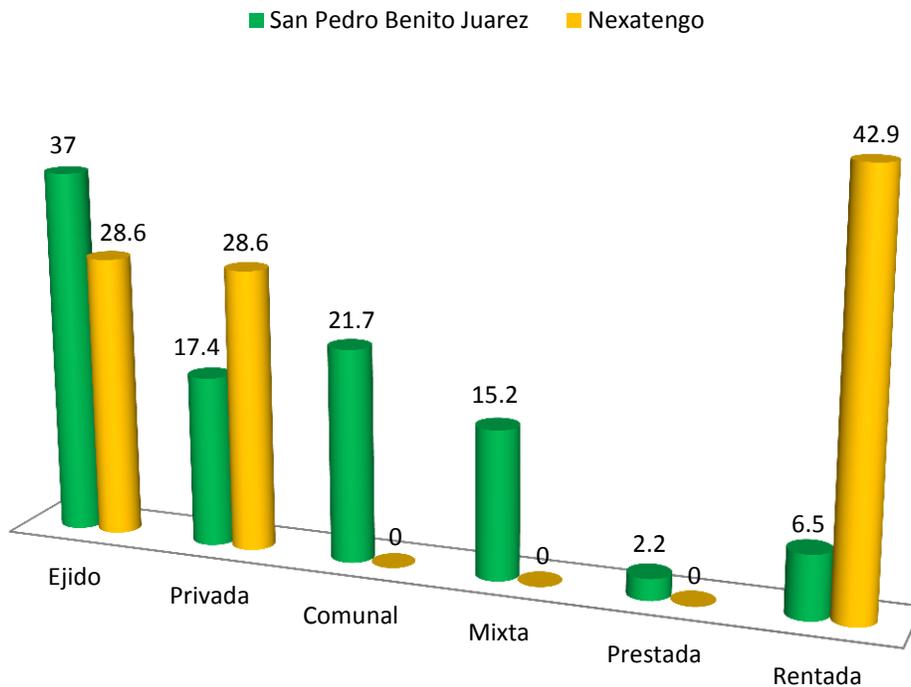
Fuente: Imagen elaborada a partir de una imagen satelital SPOT (2007) e imágenes de Google Earth tomadas el 1 de enero del 2011.

Diversos elementos que componen la política de ajuste estructural impulsaron en su momento una serie de reformas estructurales en el espacio rural, a partir de entonces se ahondaron los cambios en la actividad agrícola. Las características sociales de la unidad productiva agrícola que reflejan su funcionamiento se observan a través de su tamaño, edad y escolaridad de los productores. En este sentido se encontró que la edad promedio los productores es de 62 años, con una edad mínima y máxima de 38 y 82 años respectivamente. A escala nacional el 70% de los agricultores tiene una edad superior a los 50 años (Secretaría de la Reforma Agraria, 2002), lo que indica que la población joven económicamente activa tiene poca presencia en las actividades relacionadas con el campo y quienes se encargan del sector agropecuario son las personas maduras y ancianas.

Respecto a la escolaridad de los entrevistados en promedio tienen 6 años de estudio. El 15% no tiene ningún estudio, el 12% dijo tener secundaria y el 1% contestó que estudió la preparatoria pero no la terminó. Es importante comentar que existen personas que saben leer y escribir, a pesar de que no asistieron a la escuela. A escala estatal el promedio de estudios es de 8 años, mientras que en el ámbito nacional es de 8.6 años (INEGI, 2005). Con respecto a las personas que actualmente se dedican a la actividad agrícola el 100% de los entrevistados manifestó seguir dedicándose al campo y haber iniciado dicha actividad a la edad de 11.6 años en promedio. Cuando se les preguntó cómo habían obtenido su tierra, se encontraron los siguientes resultados: un alto porcentaje de los entrevistados en la localidad de San Pedro Benito Juárez 74%, heredaron sus tierras, el 11% menciona que renta tierras y sólo un 4% las compró y que las trabaja a medias, lo que nos da un total de 6% de personas que de alguna u otra forma se resiste a dejar de trabajar en el campo, aún y cuando no cuente con parcela propia. Sin embargo en la localidad de Nexatengo sólo el 21% de los entrevistados, señalaron que obtuvieron sus tierras por herencia y un 79% acumulado de los entrevistados señalaron que obtuvieron sus tierras por compra, por renta y por arreglo a medias. Esto indica que existe un número de personas que a pesar de los problemas deciden trabajar el campo, es importante mencionar que ésta última, es una localidad en donde la mayor parte de la actividad agrícola que se practica, es de riego a cielo abierto y lo que se produce son principalmente flores y hortalizas con fines comerciales.

Por otra parte, en lo que respecta a la localidad de Nexatengo, se puede observar que el 42.9% del tipo de tenencia de la tierra es rentada, 28.6% es privada y 28.6% es ejidal, lo que hace suponer que en el acumulado de la tierra rentada como la privada 71.5% existe una alta probabilidad de que pueda cambiar de uso con mayor facilidad que la tierra con tipo de tenencia ejidal. Es importante mencionar que el tamaño de la propiedad, en promedio por productor, es de 2 ha, de los cuales el 55% manifestaron tenerlas continuas o juntas. Se aplicó una prueba de Chi cuadrado entre las variables tipo de propiedad en las dos localidades, esto para hacer una comparación del tipo de tenencia en las dos localidades. Se encontró que existe diferencia estadística ($\chi^2 = 15.8122$; $p = 0.007$) en cuanto al tipo de tenencia de la tierra de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo, donde en la comunidad San Pedro Benito Juárez encontramos predominancia de la propiedad ejidal y comunal, siendo que en la otra comunidad se tiene un número productores con tenencia privada.

Figura 34. Tenencia de la tierra (cantidades en %) en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco.



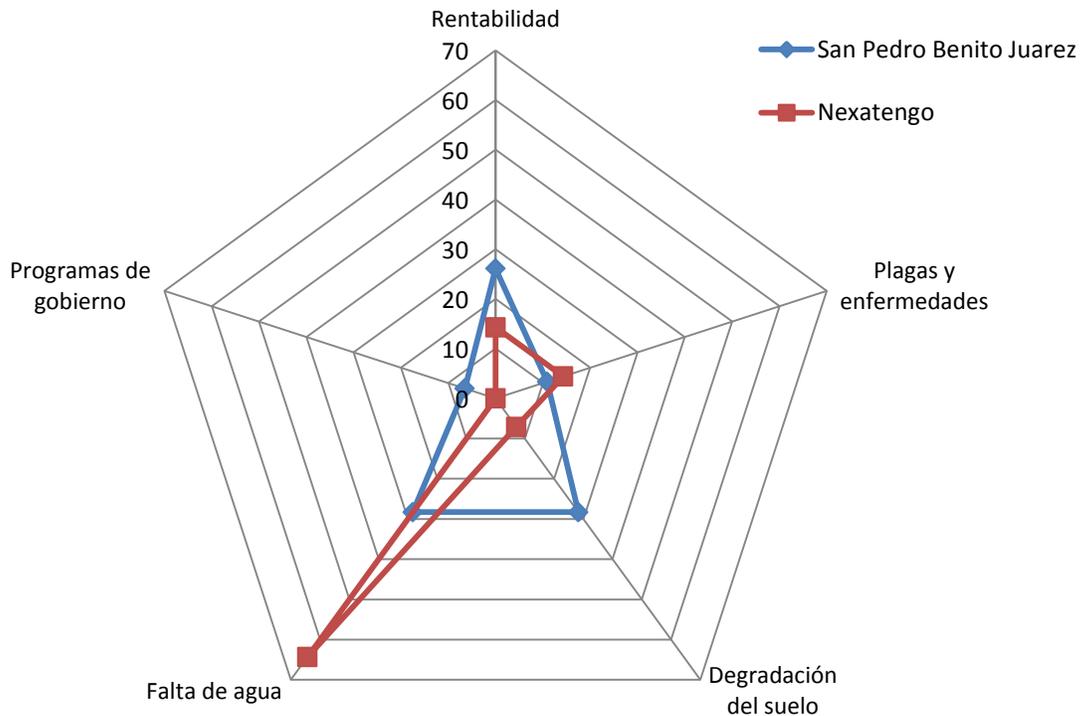
Fuente: Elaboración propia, 2011

Con respecto a la superficie, se encontró que el 5% de los entrevistados tuvo cambios y mencionaron que disminuyó su superficie debido a que vendieron algún predio y que a su vez sufrió cambios en el tipo de propiedad y sólo el 8% aumentó su extensión. Se encontró que existe relación entre superficie y edad de los entrevistados, ya que los que disminuyeron su superficie tienen más de 77 años debido a que la repartieron en vida a sus hijos.

6.5.1 La producción agrícola como medio de vida

El 92% de los entrevistados mencionan que existe una disminución importante del rendimiento en sus terrenos en los últimos 10 años. Las razones que expresaron por las que consideran ha bajado su rendimiento y por consiguiente han tenido que cambiar de tipo de cultivo son principalmente por: falta de agua (92.6%), por la degradación del suelo (35.4%), por la poca o nula rentabilidad (40.4%), por plagas y enfermedades (25.2%) y por programas de gobierno el (6.5%), es importante mencionar que en esta última parte existe más de una respuesta. Un aspecto importante que se encontró en la investigación de campo es que los factores naturales como: el agua y la degradación de los suelos en las dos localidades, representan el factor principal por el cual los campesinos están cambiando el tipo de cultivo o están dejando de sembrar sus tierras (figura 35), lo que indica que el factor principal en la localidad de Nexatengo por el cual han cambiado el tipo de cultivo es paradójicamente la falta de agua, en una localidad en donde desde antes de la conquista española había abundancia de la misma. Por otra parte en la localidad de San Pedro Benito Juárez las razones principales para el cambio de cultivos son: la falta de apoyo por parte del gobierno con programas que incentiven la actividad y la degradación de los suelos por el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas.

Figura 35. Razones por las cuales ha cambiado el tipo de cultivo en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco.



Fuente: Elaboración propia, 2011

Cuando se les preguntó a los campesinos si el cultivo actual les ha permitido tener mejores ingresos el 84.8% de San Pedro Benito Juárez mencionó que no, y el 50% de Nexatengo se manifestó en el mismo sentido, sin embargo de acuerdo con las características que tiene esta última localidad se hubiera esperado que un mayor porcentaje de personas hubiera contestado que su cultivo le ha permitido tener mejores ingresos. En este sentido se aplicó una prueba de Chi cuadrado para esta variable a las dos localidades y se encontró diferencia estadística ($\chi^2 = 7.259$; $p = 0.007$), este resultado nos indica que una mayor proporción de productores de la comunidad de Nexatengo manifestaron que han obtenido mejores ingresos con sus cultivos. Este resultado sin embargo no significa que los rendimientos obtenidos y los ingresos generados sean suficientes para tener unas condiciones de vida adecuadas para la familia.

A pesar de los pocos ingresos que reciben por la actividad agrícola solamente el 13% de la localidad de San Pedro Benito Juárez mencionó tener otro ingreso a parte de la agricultura, principalmente realizando actividades de albañilería y comerciante, lo cual no ocurre de la misma manera en la localidad de Nexatengo en donde el 35.7% de los entrevistados mencionó tener un ingreso a parte de la agricultura, principalmente como comerciantes.

A este respecto se les preguntó de acuerdo a los resultados anteriores, porque seguían realizando esta actividad el 71.8% de la primer localidad contestó que por el gusto de sentirse útil y por necesidad; el 64.3% de la segunda localidad mencionó que por necesidad y para comer, lo que nos indica que a pesar de que en San Pedro Benito Juárez es en donde se tienen terrenos pocos productivos y toda su agricultura depende del temporal, es en donde se sigue realizando la actividad de manera constante principalmente por amor a la tierra y la necesidad de producir para mantenimiento de su familia. Sin embargo en Nexatengo existe una tendencia a dejar la actividad principalmente por la falta de agua, el principal insumo de esa agricultura. En este contexto el apoyo por parte del gobierno a través de sus diferentes instancias y secretarías constituye un elemento importante para la producción agrícola. En este contexto, el 43% de los entrevistados mencionó conocer algún tipo de programa de gobierno que apoye al campo a parte del PROCAMPO, sin embargo sólo el 32% mencionó haber recibido algún tipo de apoyo económico por parte de oportunidades, este es un factor importante si se considera que la inversión que los productores realizan en sus parcelas es propia, lo que origina que los campesinos cambien de tipo de cultivo por uno más rentable o se dediquen a una actividad extra a la del campo. De acuerdo a los datos obtenidos en la encuesta, se tiene que el 66% de los agricultores han cambiado el tipo de cultivos con respecto al año 2001. De este porcentaje, el 46% de la localidad de Nexatengo dejó de sembrar hortalizas para cultivar maíz, ya que consideran que a pesar de su baja producción e ingreso, la inversión que realizan es menor que en las hortalizas; sin embargo en la localidad de San Pedro Benito Juárez actualmente el 77% tiene como principal cultivo el maíz y frijol.

Otro factor importante es que en las familias de los campesinos juegan un papel sustancial como mano de obra; la cual se observa que ha disminuido, ya sea porque algún miembro de la familia sale a buscar empleo no agrícola o bien porque cada vez hay menos personas en la familia. Los datos de las entrevistas señalan que la proporción de fuerza de trabajo familiar ha cambiado, hasta hace unos diez años empleaban de 4 a 6 personas en la unidad familiar y ahora ésta disminuyó en proporción de 1 a 3 miembros, mientras que la contratación de jornaleros se incrementó de 1 a 6. Se identificó que las actividades donde se requiere mayor mano de obra siguen siendo la siega, la pizca y la fertilización. Es apenas perceptible el gradual incremento de las personas empleadas en las principales labores de cosecha para maíz, en donde el salario promedio del jornal se encuentra entre 100 y 150 pesos, factor importante si se considera la disminución de la familia y por el aumento del empleo no agrícola. La disminución de la mano de obra familiar constituye una coyuntura de los cambios en la organización de la unidad productiva, la cual además de lo señalado puede explicarse por la escolaridad y edad de la población joven que no recurre a las actividades agrícolas y porque tampoco es una fuente primaria de ingresos.

En las encuestas se les cuestionó a los entrevistados si consideraban que alguna organización campesina o institución oficial contribuía en el cambio del uso de suelo, a lo que el 80% contestó que no. Se le cuestionó que desde su punto de vista comentara algunos de los factores por los cuales se esté dejando de realizar actividades agropecuarias con la misma intensidad que hace 30 años a lo que el 72% mencionó que por la falta de agua y el 14% que no existen apoyos económicos suficientes como antes. Así mismo en las encuestas se le preguntó al campesino que desde su punto de vista que es lo que considera que ha promovido un acelerado cambio de uso del suelo, a lo cual el 95% mencionó que el principal motivo es la falta de agua y la degradación de los suelos, por la excesiva utilización de fertilizantes químicos y la sobre explotación de los recursos, aspecto relacionado también, con el cambio de tipo de cultivo sembrado.

6.5.2 Consecuencias del crecimiento urbano

En lo que respecta al crecimiento urbano el 85% de los entrevistados mencionaron que es un factor importante en la disminución de los recursos naturales, así como en el cambio de uso del

suelo; debido principalmente a que el 70% de los entrevistados concuerdan en que ha habido más apoyo a las políticas de desarrollo urbano en los últimos 30 años, que a políticas que apoyen al campo. Esto ha ocasionado un crecimiento migratorio proveniente principalmente de la ciudad de Puebla, Morelos y Distrito Federal al Municipio de Atlixco, el cual es visto como una válvula de escape de las grandes urbes, principalmente con fines recreativos y en segunda instancia como una segunda vivienda, debido a las características propias del valle en cuanto a su clima, ubicación, vías de comunicación, servicios y facilidades de adquisición de bienes inmuebles. Este proceso de urbanización ha traído como consecuencia la pérdida paulatina de la población indígena por la convivencia y sincretismo entre lo urbano y lo rural.

El indicador utilizado por los censos de población y vivienda para determinar a la población indígena ha sido la lengua. Sin duda, ella, por sí misma, se constituye en el símbolo más próximo a la identidad sociocultural y de diferenciación entre los indígenas y con otros grupos étnicos. A pesar de no ser el único ni el principal elemento de significación de lo indio en el México actual, sirve para acercarnos al conocimiento de la dinámica demográfica y social (Sandoval, 1996).

Los grupos indígenas de México, son descendientes de las extraordinarias civilizaciones prehispánicas, herederos de una vasta cultura ancestral que se truncó con la conquista europea. Desde entonces, ha existido un proceso de sumisión e "integración" de los espacios y sociedades indígenas por parte de los Estados nacionales, que obedecen a las cambiantes necesidades de acumulación de capital, equiparado con los fracasos de las políticas que han intentado homogeneizar al mosaico étnico nacional.

Sin embargo, a pesar de todos los intentos por construir Estados-nación con políticas de discriminación y desigualdad socio-cultural de una nacionalidad dominante sobre los grupos étnicos, los indios han sobrevivido. Ello se debe, ante todo, a que los pueblos indígenas han ofrecido resistencia, que se ha estructurado a partir de sus organizaciones, normas comunales, autogestión, usos y costumbres, cultura e identidad étnica. Estos componentes forman parte de una dinámica que se aleja totalmente del pensamiento occidental, el cual no pretende saber ni conocer; sino por el contrario soslayar o simplemente destruir, por la falta de entendimiento de la

vida cotidiana indígena la cual posee una complejidad tan específica que resulta conflictiva para el Estado.

Ejemplo de lo anterior en la transformación del uso del suelo en las comunidades indígenas del Municipio de Atlixco, donde predominan grupos mestizos y en menor medida comunidades hablantes de náhuatl, en él, habitan un total de 4,575 personas que hablan alguna lengua indígena, mismos que representan el 3.6% de la población total de Atlixco, de los cuales 1,327 son menores de 5 años y 3,248 son mayores de 5 años (SNIM, 1990). En este sentido Nutini e Isaac (1974), tomando elementos del modelo folk-urbano de Redfield (1970 [1941]), postulan que la transformación se debe principalmente a la modernización, con respecto a la adopción de tecnologías industriales y el paso de una economía agrícola a una basada en el trabajo asalariado. Por su parte, Eileen Mulhare (2003) ha empleado el término “post-nahua” para describir este estado entre los habitantes de una comunidad en las inmediaciones de la ciudad de Puebla donde se perdió dicha lengua en el siglo XX pero donde aún se conservan formas organizativas similares a pueblos calificados de “indígenas”..

Al respecto Guillermo Bonfil (1973) señala que a pesar de este tipo de transformaciones los espacios categorizados como urbanos e industrial no dejan de tener una población indígena. En este mismo sentido Bonfil plantea que estas transformaciones no representan un momento de transición en lo indígena y mestizo sino un estado socio-cultural relativamente estable. En su obra México Profundo (1987) plantea que este estado describe la vida sociocultural en gran parte del México contemporáneo.

El nahua es el idioma indígena que se habla en la región y para conocer la presencia indígena en las comunidades se aplicó una prueba de Chi cuadrado para la variable si hablaba algún tipo de lengua. El resultados nos muestra que existe diferencia estadística ($\chi^2 = 6.96$; $p = 0.008$) entre las dos comunidades. Lo que indica que en San Pedro Benito Juárez existe un gran número de personas indígenas, factor importante que frena e influye en la transformación del uso del suelo debido principalmente al apego que coexiste hacia sus costumbres y cultura. En este sentido la dicotomía que concurre entre lo tradicional, lo moderno-rural y lo mestizo e indígena forman parte de una ideología político-temporal que afecta los espacios ocupados por pobladores

indígenas que han habitado estas localidades desde hace mucho tiempo, y que en la actualidad solo representan para el estado capitalista un problema que detiene el “desarrollo” de la región.

La disminución de hablantes del Náhuatl en la 2 localidades se debe, al menos en parte, a que las oportunidades de trabajo con la cercana ciudad de Atlixco y Puebla son una motivación para aprender el español y adoptar una apariencia urbana. Sin duda alguna, la oferta laboral, es además una motivación para proveer a los niños de una educación formal y en español; asimismo los recursos provenientes de la ciudad han facilitado la construcción de una infraestructura escolar, la cual continúa estando ausente en los pueblos más aislados y pobres de otras regiones, como es el caso de la localidad de San Pedro Benito Juárez, en donde el 82.6% de los entrevistados no tienen escolaridad alguna o tienen la primaria, contrario a lo que ocurre en la localidad de Nexatengo en donde el 85.4% al menos tienen la primaria y la secundaria ver Cuadro 11.

Cuadro 11. Escolaridad en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco.

| Localidad | Ninguno | Primaria | Secundaria | Preparatoria | Total |
|-------------------------|---------|----------|------------|--------------|-------|
| | % | % | % | % | % |
| San Pedro Benito Juárez | 17.4 | 65.2 | 15.2 | 2.2 | 100 |
| Nexatengo | 7.1 | 52.9 | 32.5 | 7.5 | 100 |

Fuente: Elaboración propia, 2011

Otro aspecto importante que ocurre en la localidad de San Pedro Benito Juárez ubicada en las faldas del Popocatepetl, es que aparentemente por estar más lejos de la cabecera municipal, ésta conserva sus prácticas asociadas con el mundo campesino/indígena, como son la lengua náhuatl y la agricultura, mientras que la localidad de Nexatengo un pueblo ubicado en el valle tiene un entorno más urbano, reflejado en el patrón de asentamiento más denso de la población. Sin embargo, estos indicadores más obvios y comunes de la urbanización o modernización, como las actividades económicas y el idioma, no representan adecuadamente la situación global de cambio y continuidad en la región. Se ha observado en la región de Atlixco que el entendimiento y práctica de la vida indígena-campesina parece estar tan viva en los pueblos del valle como en los

de los pueblos ubicados en las faldas del Popocatepetl, aunque los primeros han incorporado más de la vida urbana, debido principalmente a la cercanía con la cabecera municipal, a la migración y a las vías de comunicación existentes en la región.

Cuadro 12. Razones del abandono de la actividad agrícola en las comunidades de San Pedro Benito Juárez y Emiliano Zapata Nexatengo, Municipio de Atlixco.

| Localidad | ¿Causas por las cuales se está dejando la actividad agrícola? | | | | Total |
|-------------------------|---|--|---------------------|----------------|-------|
| | Falta de agua | No existen suficientes apoyos económicos | Fertilizantes Caros | No es rentable | % |
| San Pedro Benito Juárez | 73.9% | 13% | 8.7% | 4.3% | 100 |
| Nexatengo | 64.3% | 14.3% | 0% | 21.4% | 100 |

Fuente: Encuesta a agricultores 2011.

Cada vez existe menos producción agrícola para el autoconsumo o venta en las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo (Cuadro 12), debido a que existe un alto porcentaje de personas que están dejando la actividad agrícola, principalmente por la falta de agua, derivada de una sobre explotación del recurso con fines urbanos y de riego para invernaderos; y por la falta de apoyos económicos para seguir con la actividad.

Otro efecto que ha propiciado al parecer la disminución de las actividades agrícolas, es que existe cada vez más empleo en actividades asociadas con lo urbano, como el trabajo asalariado y el comercio. Incluso cuando las viejas actividades agrícolas de la región han sobrevivido toman una forma nueva y menos ligada al campo, debido principalmente, a que los descendientes de los agricultores originales (personas de más de 65 años en promedio) se han convertido en comerciantes, choferes, albañiles, etc. a este respecto se les preguntó a los entrevistados si tenían otros ingresos adicionales a la agricultura. Por la característica de los datos, se aplicó una prueba exacta de Fisher y no se encontró diferencia estadística entre las dos comunidades (estadístico

exacto de Fisher = 0.107). Lo anterior implica que un porcentaje similar de familias rurales de las dos comunidades buscan obtener ingresos extras en actividades diferentes a la agricultura.

En este sentido, en la localidad de San Pedro Benito Juárez el 87% contestó que no dejaría la actividad agrícola, lo que confirma porque en esa localidad el cambio en el uso del suelo ha sido menor que en Nexatengo, ya que al no tener otro ingreso los campesinos sobreviven con lo que les proporcionan sus tierras y animales, a este respecto señala Don Pedro campesino de la localidad de San Pedro Benito Juárez:

“Mire joven, la mera verdad yo solo me dedico al campo, mis papás no me dejaron ir a la escuela y pues desde chiquillo me pusieron a trabajar y desde entonces solo trabajo las tierras que me dejaron, no me he dedicado a otra cosa porque lo mío es el campo, de aquí bien o mal como y vivo, ¡claro! Junto con lo que me dan mis animalitos, cuando me hace falta dinero pues vendo una vaquita o algún animalito, pero la verdad gracias a Dios no nos falta nada, de aquí saqué adelante a mis hijos, ellos ya están grandes y se dedican a otras cosas menos al campo, no les gusta y pues tampoco los voy a obligar a que trabajen en él, ellos ya tienen de que mantenerse”.

Por otra parte los diversos procesos históricos han dado como resultado el variado modelo territorial actual, en lo que atañe al espacio rural de estas dos localidades, de acuerdo con su grado de transformación e intensidad de urbanización, los cuales se han intensificado de manera significativa en los últimos 10 años y han matizado el espectro de espacio rural con diferentes usos del suelo, estas transformaciones ponen de manifiesto un fuerte proceso de diferenciación entre el espacio rural y la relación con su difusión, intensidad y extensión de tales procesos.

Sin embargo la evolución y la problemática inducida en las áreas rurales con respecto al cambio de uso del suelo han estado vinculadas al grado de incidencia de tales procesos. Es decir, a la presencia industrial, al desarrollo urbano, a su magnitud, al cambio agrario y a la orientación de éste. La intensidad y efectos de la industrialización, urbanización y cambio agrario han sido factores comunes en la dinámica de las transformaciones en el uso del suelo de estas dos localidades a lo largo de 30 años. En donde la intensidad de los cambios y la modalidad de los

mismos han provocado una notable diversificación de éstas áreas rurales y una pérdida importante de recursos naturales.

Debido a lo anterior se les preguntó a los campesinos que si consideraban que el crecimiento urbano tenía que ver con la disminución de los recursos naturales y por consiguiente en el cambio de uso del suelo. El 80.4% de la localidad de San Pedro Benito Juárez, así como el 100% de Nexatengo consideran que si influye. En este sentido se preguntó que si consideraban que las políticas de desarrollo enfocadas al crecimiento urbano que se han venido implementando en los últimos 30 años, son elementos importantes que han influido en este proceso, el 63% de San Pedro Benito Juárez, así como el 92.9% de los encuestados en Nexatengo consideran que si han influenciado en la transformación del uso del suelo. Lo que pone de manifiesto que la intensidad de los cambios y la modalidad de los mismos han provocado una notable diversificación de las áreas rurales. Desde las áreas sometidas a la inmediata influencia de los centros urbanos, con un intenso uso de los recursos naturales, principalmente el agua e incluso el suelo como reserva edificable; en un entorno o radio más o menos extenso alrededor de los mismos, cuyos cambios aparecen vinculados a la proximidad de la ciudad, como es el caso de Nexatengo por su cercanía con la cabecera municipal de Atlixco y la ciudad de Puebla como nos comenta el Don Lucio:

“Desde que se abrió la carretera que va a Cuautla se empezaron a construir casas por donde quiera sobre todo por esa zona (Meteppec), claro que nos afecta porque el agua ya no llega como antes y pues como ellos están más arriba pues la acaparan, antes nos llegaba el agua suficiente para poder regar 2 hectáreas ahora solo siembro si acaso 1 hectárea y en ocasiones tengo que sacar agua de mi pozo porque la que me dan por derecho ya no me alcanza para regar mi alfalfa”.

Y otras áreas que sólo se han traducido en la crisis de la propia sociedad rural preexistente, áreas rurales que en los casos extremos, aparecen reducidas a su estado “natural”, convertidas en la actualidad, sólo en reservas de naturaleza como es el caso de San Pedro Benito Juárez, el cual podría denominarse el “rural profundo”, debido a sus condiciones de precariedad social y económica como nos lo comenta Don Marciano:

“La verdad nosotros sólo nos dedicamos al campo, mis hijos e hijas ya están grandes ya se casaron ya están haciendo sus vidas, tengo 2 hijos en Estados Unidos y 2 hijas una en Sonora y la otra vive en el Distrito Federal, ninguno de ellos se va a dedicar al campo, ya tienen su vida y sus hijos a mí solo me corresponde dejarles sus tierras a mis hijos y pues ellos sabrán si las venden o no, aquí la pasamos mi señora y yo trabajando en el campo y cuidando a nuestros animalitos, a veces nos mandan dinero los hijos pero no siempre y pues si nos enfermamos vamos con Don Pedro y pues ahí le vamos pagando poco a poco”.

Son diversos los factores que determinan e incentivan las transformaciones del uso del suelo agrícola a urbano en la región de Atlixco, puntualmente en las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo. La edad de los productores, la escolaridad, su estilo de vida, el tipo de tenencia de la tierra, el tipo de producción agrícola, las tecnologías, los problemas de falta de agua, degradación de los suelos, así como la pérdida de identidad originada y propiciada por el acelerado crecimiento urbano, aspectos importantes que determinan la dinámica de transformación del territorio. No hay que olvidar la importancia que tiene el Estado a través de sus diversas instituciones en el devenir del sector rural, las políticas de ordenamiento territorial y de desarrollo urbano, lejos de aminorar estas transformaciones abruptas aceleran los procesos de degradación y sobre explotación de los recursos de la región.

Por otra parte las actividades urbanas que han reemplazado a la agricultura y que no requieren el espacio del campo, siguen ocupando un lugar marginal en la sociedad. Los pobladores ven en lo urbano una fuente de nuevas formas de mejorar sus vidas a los niveles de la comunidad, la familia e individualmente. Esta manera de entender la relación entre lo campesino-indígena y lo urbano, contrasta con la conceptualización usual del vínculo que hay entre éstas, en donde lo urbano se presenta como una fuerza que se impone sobre la vida campesina-indígena dando origen a dos procesos antagónicos: 1) los pueblos campesinos-indígenas que se urbanizan y se modernizan; y 2) los pueblos que se resisten a esta fuerza externa para mantenerse como

tradicionales. Al respecto Eric Wolf (1955) señala que estos dos polos corresponden a las comunidades campesinas “abiertas” y “cerradas”. Sin embargo, ninguna de estas dos categorías describe muy bien a los pueblos en la región de Atlixco que parecen presentar una paradoja interesante: son claramente urbanizados, debido a las transformaciones abruptas que ha tenido la región con respecto al cambio de uso del suelo, mayormente en los últimos 30 años pero al mismo tiempo tienen maneras de vivir y entender la vida que son muy distintas a lo que esperamos del contexto urbano.

Podemos dejar de ver esta combinación como una paradoja si consideramos que la gente de estos dos municipios ve estas transformaciones en muchos de los casos, no como una alternativa, sino como otra posibilidad entre varias; como algo que pueden incorporar y que no necesariamente domina y reemplaza. En otras palabras, hay una incorporación selectiva de lo ajeno que no necesariamente contradice la continuidad de sus creencias, prácticas de vida y hábitos. Esto precisamente es lo que les permite seguir llevando a cabo la actividad agrícola de manera constante, la adaptación de su modo de vivir, de trabajar y de convivir, la manera en que buscan la forma de seguir realizando lo que les gusta por el simple hecho de comerse un taco de maíz que cultivaron con sus propias manos, sin embargo la convivencia con la urbanización no los separa de su cultura y tradición, esto último son factores importantes que determinan la conservación y el trabajo de sus tierras.

VII. DISCUSIÓN

En los párrafos precedentes se presentaron los resultados derivados de diversos métodos para el análisis de la dinámica del cambio de uso del suelo en la región de Atlixco, Puebla. La perspectiva ha sido interdisciplinaria y por consecuencia la discusión gira en relación con los resultados obtenidos por medio de una triangulación de métodos para la explicación de los factores que han originado dichos cambios.

En la **primera hipótesis** se planteó que los procesos históricos relacionados con los asentamientos humanos, las características físicas y naturales, así como la intensificación agrícola con fines mercantiles en la región de Atlixco, Puebla, han sido factores importantes que han determinado el cambio de uso del suelo.

A partir del análisis diacrónico realizado en esta investigación para comprender la situación actual del proceso del cambio de uso del suelo en la región de Atlixco, Puebla, se pudo vislumbrar el contexto rural-urbano mediante la localización de los asentamientos humanos desde la época prehispánica, así como identificar dónde se encontraban los principales asentamientos humanos, zonas dedicadas a la agricultura de temporal, las zonas dedicadas a la agricultura de riego, así como los centros urbanos durante la época colonial. El estudio comprendió una profunda revisión bibliográfica, así como la elaboración de diversos mapas temáticos a partir de imagen de satélite con la localización de los primeros asentamientos españoles y grupos indígenas, en donde se confirma el auge agrícola-mercantil mediante la sobre explotación de las mejores tierras de cultivo y del agua (figura 16). El método utilizado para este tipo de análisis puede generalizarse para otras investigaciones que deseen realizar un estudio con fines similares, debido a que la representación geográfica del análisis histórico con respecto a la distribución de los asentamientos humanos, la cual permite entender la situación actual en la que se encuentra la región de Atlixco desde una perspectiva espacial.

En este sentido es importante señalar, que los primeros asentamientos españoles y sus unidades productivas se distribuyeron de forma específica dentro de la región de Atlixco, estableciéndose muchos de ellos espacialmente en lugares con importantes características físicas y naturales; por ejemplo, entorno a los arroyos, nacimientos de agua y a las orillas de los ríos como el

Cantarranas y el Nexapa, debido a los procesos de intensificación agrícola, en donde la mayoría de las tierras de humedad y de riego fueron explotadas de forma continua durante el ciclo anual, problemática que desde la llegada de los españoles y hasta nuestros días se sigue agravando, debido principalmente al desarrollo de una agricultura mercantil que hasta el momento se sigue llevando a cabo, provocando cambios radicales en el cambio de uso del suelo.

Al respecto investigaciones como la de Rojas (1991) señala que el interés mercantil de la agricultura española en la región de Atlixco marco su sello y provocó un cambio radical en la región. Lo que confirma los resultados obtenidos en la investigación así como el auge agrícola mercantil mediante la sobre explotación de las mejores tierras de cultivo y del agua que se ha venido presentando desde la conquista.

Otro factor que determinó el cambio del uso del suelo de la región se da con la ganadería iniciada como complemento de la agricultura, provocando de esta manera la deforestación de amplias extensiones de suelos debido a la necesidad de la ocupación de más y nuevos terrenos para el pastoreo. Como lo demuestran los resultados obtenidos de trabajos realizados como los de Zavala (1982) el cual señala que las zonas marginales del valle, el sur del mismo y los terrenos al norte de Huaquechula fueron áreas donde básicamente se ocuparon para el pastoreo del ganado.

A este respecto señala Paredes (1991) que a raíz de la presencia española en la región, los cambios en la cobertura vegetal sucedieron con mayor rapidez que en la época prehispánica: se extendieron las zonas de cultivo, se ampliaron las áreas de irrigación, el ganado mayor y menor ocupó terrenos antes de reserva, los bosques se fueron reduciendo y convirtiendo en parajes con vegetación herbácea y el agua de las corrientes se utilizó ahora como fuente de energía para mover molinos. Lo que confirma los resultados obtenidos en esta investigación cuando se hace mención de la disminución de la cobertura vegetal y agrícola.

Por otra parte, la apropiación por parte de los españoles de las tierras bajas del valle las cuales eran de riego y que se concentraban principalmente en el actual municipio de Atlixco, desde aquellas épocas éste ha sido uno de los territorios más codiciados, tanto por la calidad de sus suelos como por su disponibilidad de agua. Lo que da como resultado en la actualidad el alto índice de concentración de la población y de la agricultura de tipo comercial en la parte centro de

dicha región. Al respecto Pérez (2001) menciona que con la llegada de los españoles los indios fueron despojados de la mayor parte de sus tierras, pero sus asentamientos permanecieron. Castañeda (2005) menciona que a las poblaciones indígenas se reubicaron en su mayor parte en las tierras altas, menos fértiles, propias sólo para agricultura de temporal y sin acceso al agua de riego. Quizás esto explica la existencia en la actividad agrícola de un alto porcentaje de personas de origen indígena, hablantes del náhuatl en la parte de las faldas del volcán Popocatepetl, como es el caso de la localidad de San Pedro Benito Juárez, población que se dedica en su mayoría, a la agricultura de temporal.

Otro factor importante que ha influido en la transformación del uso del suelo de la región de acuerdo con lo que menciona Günter (1988) es el auge de las haciendas precursoras de la industria textil. A partir de este momento y de acuerdo con los datos obtenidos en la investigación, se inició un importante aumento poblacional la cual se concentró principalmente en el municipio de Atlixco. En este sentido los procesos asociados con la dinámica del crecimiento demográfico originados por aspectos históricos, modelos económicos, la sobre explotación de los recursos naturales, las políticas enfocadas al desarrollo urbano, los medios de comunicación, así como la situación geográfica que presenta la región, constituyen elementos que incentivan una situación de desequilibrio entre las relaciones funcionales de los ecosistemas naturales, los procesos de producción agrícola y el desarrollo y crecimiento de la urbanización.

Estudios como el de Alcamo *et al.* (2003) señalan que uno de los factores responsables del cambio de uso del suelo es el crecimiento de la población, el cual ocasiona una demanda cada vez mayor de recursos para satisfacerla y, como consecuencia, las superficies ocupadas por las comunidades naturales son sustituidas por terrenos dedicados al cultivo, la ganadería o complejos habitacionales, lo que corrobora los datos obtenidos en la investigación con el incremento de las zonas urbanas y la demanda cada vez mayor de recursos para sostener a dicha población.

Los procesos históricos de la región que muestran las transformaciones en el uso del suelo son, en parte, el resultado de los cambios en la estructura de la ocupación de la población. En este sentido Fernández (2002), señala que en la medida en que una mayor proporción de la población

abandona las actividades primarias, se irá desvaneciendo la relación entre la densidad poblacional y la cantidad de suelo que se emplea para llevar a cabo actividades relacionadas con la agricultura. Situación que ocurre en la región de Atlixco en donde la mayor parte de las personas que se dedican actualmente al campo tienen en promedio 65 años, aspecto importante si consideramos que existe un aumento en los movimientos migratorios por parte de los jóvenes, que tiene como consecuencia el abandono del campo, éstos son aspectos que tienen en la actualidad efectos de gran importancia en la dinámica del cambio del uso del suelo, mismos que se han venido presentando desde la conquista española. En este sentido Corbera y Calcedo (1999) señalan que el crecimiento urbano sobre espacios rurales implica una notable diversidad de sus usos del suelo, de formas de ocupar y de utilizar el territorio.

Es importante mencionar que la existencia de asentamientos indígenas en la región de Atlixco durante el periodo de 1443 a 1519 era de 33 señoríos de acuerdo con Paredes (1991), cifra que se incrementó considerablemente con la presencia española durante el periodo comprendido de 1530 a 1610 al registrar de acuerdo con Paredes (1991) 390 asentamientos en la región, lo que confirma el cambio del suelo agrícola a urbano de acuerdo con el incremento de la población española sobre los pobladores originales indígenas. En este sentido la región ocupada por los pueblos indígenas con una actividad de largo aliento de convivencia, uso y transformación de los paisajes acorde a sus necesidades y cultura, posteriormente fue moldeada por los españoles y los procesos agrarios contemporáneos; transformaciones ecológicas, socioculturales y territoriales que han sido desiguales a lo largo de la historia y que han formado parte de un proceso continuo de lucha por la autonomía y el control colectivo de los recursos y los poderes locales.

Por otra parte, otro de los factores importantes que aceleran las transformaciones del cambio de uso del suelo es el crecimiento demográfico que ha existido en la región desde la llegada de los españoles, a este respecto Palerm (1980) señala que las transformaciones demográficas que se den a través de la historia (colonial, moderna y contemporánea) en una región sólo podrán entenderse en función de las transformaciones de las otras dos variables: sistemas de producción y estructuras de poder.

En la actualidad debido al proceso de globalización y universalización de las mercancías, presenciamos una ruptura en las interacciones de larga duración entre la sociedad indígena y la naturaleza, en donde podemos observar la desaparición de la diversidad cultural a favor de las sociedades alineadas a la monocultura global, cuya base es la economía de mercado a gran escala sostenida por la sobre explotación y expoliación “cortoplacista” de los recursos naturales, lo que origina y acelera en gran medida los cambios en el uso del suelo.

A partir de lo anterior, se sustenta que los cambios en el uso del suelo son derivados de procesos históricos que están relacionados con los asentamientos humanos, la intensificación de la agricultura de tipo mercantil y diversas características físicas y naturales de la región, verificándose en este sentido la hipótesis uno.

La **segunda hipótesis** planteó que la pérdida de vegetación, así como la transformación del uso del suelo agrícola-urbano durante el periodo de 1977 al 2007 en la región de Atlixco, Puebla, se debe principalmente al crecimiento de la población, logrando con ello modificaciones importantes en el territorio.

Una vez analizada la situación diacrónica de la región de Atlixco con respecto al cambio de uso del suelo, se llevó a cabo un análisis de detección de cambios de la misma, mediante la utilización de imágenes de satélite Spot y Landsat durante el periodo comprendido de 1977 al 2007, esto debido a que sólo existen imágenes correspondientes a la zona de estudio a partir de dicha fecha. La metodología consistió en la interpretación visual de la cobertura vegetal y en el cambio de uso del suelo, mediante la utilización de diferentes software se llevaron a cabo distintos tipos de análisis relacionados como por ejemplo los cambios de tono y color del pixel, en donde se pudo observar la frecuencia de cambio de los tonos en los pixeles, la dirección o direcciones de cambio, el contraste entre un pixel y sus vecinos, así como el color mismo del pixel (Lira, 1997).

En este sentido una importante área de investigación en las modificaciones en el uso del suelo, ha sido la detección de cambio a través del tiempo. Las técnicas de detección de cambio utilizan las imágenes de satélite como un instrumento principal, éstas se basan en el supuesto de que

cualquier transformación en la cobertura, resultará en alteraciones en los valores de reflectancia lo suficientemente grandes para ser registradas (Singh, 1989).

Esta metodología de análisis utilizando el color de la imagen constituye un elemento cualitativo importante en los resultados obtenidos, debido principalmente a que permite llevar a cabo el análisis de cada imagen teniendo en cuenta la información proporcionada por varias de las bandas que la componen, además de añadir el color como elemento de interpretación visual, que ayuda a la mejor discriminación de las diferentes cubiertas. En este sentido una de las composiciones en color utilizadas en la investigación es el falso color convencional o infrarrojo convencional, que se obtiene desplazando el rango espectral del color natural hacia longitudes de ondas más largas. En otras palabras, se asignó el color azul a la banda verde del espectro, el verde a la banda roja, y el rojo al infrarrojo cercano, con la finalidad de obtener un color rojizo oscuro para identificar áreas con vegetación intensa y un color azulado para identificar áreas con suelo desnudo, así como un color blanco azulado para identificar áreas urbanas.

Aunque los resultados del análisis demuestran de manera visual que existen cambios significativos en el uso del suelo, principalmente en la vegetación, esta metodología sólo se basa en una forma intuitiva de extraer información de las imágenes de satélite mediante la habilidad que se tiene para relacionar tonos, colores y patrones espaciales de una manera visual dependiendo de la experiencia del investigador y del conocimiento que se tenga de la región. Por lo tanto los resultados que se obtuvieron de acuerdo a los diferentes criterios visuales para su identificación, sólo representan una descripción visual (cualitativa) de los cambios ocurridos a lo largo de 30 años en la región de Atlixco.

Debido a esto fue necesario llevar a cabo un análisis espectral (cuantitativo) de la zona de estudio, en donde un pixel está representado por un número y éste a su vez tiene una sucesión única para cada objeto de la naturaleza (firma espectral). En este sentido Castro (1997) señala que un trabajo de interpretación debe ser analizado en conjunto, tanto en los procesos de análisis cualitativos como cuantitativos. Por ello fue necesario realizar un análisis espectral para complementar la información obtenida mediante el análisis cualitativo y de esta manera los resultados tuvieran un sustento objetivo. En este sentido la determinación de la firma espectral

para el tipo de uso del suelo, principalmente el de vegetación fue determinante para llevar a cabo un análisis de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

El proceso de NDVI se utilizó para determinar la cobertura vegetal de manera cuantitativa, ya que de acuerdo con Bannari *et al.* (1995) estos índices tratan de aislar el componente vegetal de la respuesta del suelo y del agua, así como de determinar la actividad fotosintética de la planta y permite el seguimiento del crecimiento y desarrollo de la vegetación, mediante relaciones empíricas calculadas entre las variables biofísicas de los cultivos y los índices de vegetación espectrales (IV). En este sentido la construcción de las series de tiempo del NDVI (1977-2007) generadas a partir de las imágenes de satélite de la región de Atlixco, permitieron evaluar la dinámica del cambio de uso del suelo con respecto a la vegetación estacional de la región (Batista *et al.*, 1997), permitiendo con ello corroborar de manera cuantitativa los resultados descritos en la fotointerpretación con respecto a la intensidad y magnitud de estas transformaciones para el periodo comprendido de 1977 al 2007. El intervalo de variación del NDVI queda comprendido entre -1 y 1; donde la vegetación siempre registra valores positivos según la estructura, fisonomía y densidad del tipo de vegetación (Reed *et al.*, 1994).

Mediante el análisis detallado de la representatividad de los valores de índice de vegetación se ha podido comprobar que ha existido una pérdida significativa de vegetación en la región de Atlixco a lo largo de los últimos 30 años de 0.37, lo que confirma resultados obtenidos en otras investigaciones como Ochoa y González (2000) que señalan que las modificaciones en el uso del suelo debido a las actividades humanas han provocado una pérdida de la biodiversidad, a través de los procesos de degradación ambiental, así como la intensificación del uso del terreno (Lambin, 1977) que induce la pérdida y degradación del suelo, cambios en el microclima, y afectaciones en cuencas hidrográficas y asentamientos humanos (Bocco *et al.*, 2001). Lo que se encontró en la presente investigación fue precisamente una disminución significativa de la vegetación, misma que esta relacionada con una importante sobre explotación de los recursos naturales como el agua, originados principalmente por un crecimiento urbano acelerado y por el abandono de la actividad agrícola, lo que incentiva en mayor medida esta problemática.

A este respecto Chuvieco (1996: 86) menciona que cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés (procesos antrópicos, plagas, sequía, deforestación, etc.), su reflectancia será inferior en el infrarrojo cercano y rojo, con lo que el contraste entre ambas bandas será mucho menor en relación con una vegetación sana de gran vigor. Aspecto que puede apreciarse en las figuras 26 a 29. En este sentido, los resultados obtenidos en esta investigación mediante el cálculo de índices de vegetación son comparables con estudios realizados por (Walker y Turner, 1990 y Stockli y Vidale, 2004) respecto al seguimiento de las condiciones de la cubierta vegetal en la superficie terrestre, como una variable clave en los estudios de cambio de uso del suelo global y regional. Al respecto estudios realizados por (Hester *et al.*, 1996; Stohlgren *et al.*, 1998) señalan que la diferente evolución de la vegetación es debido a la gestión humana, los cambios de uso del suelo y el abandono de las actividades agrícolas tradicionales, aspecto importante si consideramos que en la región de Atlixco ha existido un incremento demográfico significativo a lo largo de los últimos 30 años y una disminución del área destinada a la agricultura de temporal. En este sentido el método utilizado para el análisis de la información con respecto a los resultados del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) permitió en un segundo plano corroborar las tendencias espacio-temporales con respecto a la disminución de la biomasa que se obtuvo como primer acercamiento en la interpretación visual, aspecto importante que confirma la transformación y tendencia de la región con respecto al uso del suelo.

Actualmente los estudios sobre los procesos dinámicos de los cambios de uso del suelo y deforestación son importantes y necesarios, ya que proporcionan información del comportamiento y las tendencias de los procesos de degradación, en los que intervienen factores ecológicos y socioeconómicos (Kaimowitz y Angelsen, 1998; Velázquez *et al.*, 2002; Priego *et al.*, 2004; Guerra y Ochoa, 2006). Diversos estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo se encuentran en el centro de la atención de la investigación ambiental actual (Bocco *et al.*, 2001), debido a las implicaciones que éstos conllevan con relación a la pérdida del hábitat, de diversidad biológica y la capacidad productiva de los ecosistemas (Dunjó *et al.*, 2003; Milesiet *al.*, 2005; Heistermannet *al.*, 2006). Según Lambin (1997), la mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se debe a: 1) cambio y conversión de la cobertura del terreno; 2) degradación del terreno y erosión; e 3) intensificación en el uso de la tierra.

La complejidad de los procesos de cambio en la región de Atlixco, tiene una clara manifestación sobre la cobertura de la vegetación y los diferentes usos del suelo, estando dichos cambios determinados por una red de complejas interacciones de factores socioeconómicos y medio-ambientales. El crecimiento urbano y la evolución de la actividad agraria o de las actividades extractivas tienen una relación directa con los cambios en los usos del suelo. Los procesos de intensificación y de marginalidad humana se manifiestan en cambios en los modos de aprovechamiento que, a la larga, conducen a cambios en los usos del suelo. Las interacciones que se dan en esta región entre seres humanos y los ecosistemas, se ven fuertemente condicionadas por la alteración o desaparición de determinadas prácticas y modos de aprovechamiento.

Debido a lo anterior fue necesario realizar un análisis temporal de los cambios ocurridos en la región de estudio con imágenes de satélite para un periodo comprendido de 1977 al 2007. La metodología utilizada consistió en la construcción, en primera instancia de capas a partir de cartas 1:50000 de uso del suelo y vegetación del INEGI (1977), como referencia para crear 11 clases de vegetación, mismas que sirvieron como referencia para poder establecer una clasificación con un conjunto de datos confiables. La calidad temática se analizó mediante el análisis de una matriz de confusión. Un aspecto limitante de este método, es que, es posible obtener datos de la superficie para los distintos usos y coberturas de suelo, sin embargo la precisión de los datos obtenidos a partir de éste método es inferior a la que se podría lograr mediante un censo.

En este sentido autores como Mendoza (2010) señalan que la teledetección (Sensores Remotos) es una técnica que ha significado un gran aporte para los estudios de las ciencias ambientales. Esta permite diferenciar las cubiertas terrestres; las cuales reflejan o emiten energía de acuerdo a sus características físicas. Las características orbitales del satélite permiten que las imágenes sean adquiridas periódicamente y en condiciones similares de observación, facilitándose así cualquier estudio que requiera una dimensión temporal. Al respecto Chuvieco (1990) señala que el análisis Multi-temporal permite detectar cambios entre dos o varias fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio. De acuerdo a lo anterior el uso de la teledetección (imágenes de satélites) permitió observar y analizar el tipo de ocupación existente sobre el suelo, tanto de diferentes tipos de

vegetación, como espacios agrícolas y urbanos; y de esta manera detectar los cambios que existieron a lo largo de 30 años. Permitiendo cuantificar la disminución de la vegetación, las áreas destinadas a la agricultura, así como del crecimiento de las zonas urbanas de la región de estudio.

La Detección de Cambios a partir de una secuencia multi-temporal de imágenes de satélite es unas de las aplicaciones más importantes en teledetección. Este proceso requiere de una adecuada corrección radiométrica y geométrica de las imágenes, de manera que los cambios detectados sean atribuibles a verdaderas modificaciones del paisaje. La comparación de estas imágenes multi-temporales permitió cuantificar el número de hectáreas que cambiaron su uso del suelo mediante el método de clasificación supervisada usando datos de campo de los puntos de control, firmas espectrales y la elaboración de polígonos basados en la carta de uso del suelo y vegetación del INEGI (1977).

Los resultados que se obtuvieron en cuanto a la distribución espacial de las diferentes coberturas y agroecosistemas en el uso del suelo, permiten confirmar de manera cuantitativa que efectivamente existe una pérdida de superficie natural y agrícola en comparación con la ganancia en el mismo sentido destinada a las zonas urbanas. Esta técnica de análisis se basa en el supuesto de que cualquier transformación en la cobertura resultará en alteraciones en los valores de reflectancia lo suficientemente grandes para ser registradas, en donde para poder tener una confiabilidad en la información, es necesario que las imágenes tengan condiciones atmosféricas, de ángulo solar y humedad del suelo similares (Singh, 1989).

Con el análisis temporal se pudo observar que en las últimas décadas el cambio de uso del suelo se ha acrecentado en la región de Atlixco, Puebla la cual expresa serias implicaciones en el medio ambiente; ya que paulatinamente está transformando sus actividades agrícolas a zonas de vivienda y servicios. Estos cambios no sólo presentan altos costos ecológicos, sino también afectan en las adaptaciones humanas. Como agravante a esta situación existe un incremento importante en la deforestación, el cual reconoce el papel de la fragmentación y la degradación del hábitat como responsables de cambios en la estructura y función de los ecosistemas (Saunders *et al.*, 1991).

En este sentido se pudo cuantificar que el crecimiento de la Zona Urbana (ZU), mismo que mostró una tendencia de crecimiento, ya que de acuerdo con los valores obtenidos del análisis de las imágenes de satélite se aprecia un crecimiento sostenido de la superficie ocupada por la ciudad, iniciando con 3,406.38 ha en 1977 hasta llegar a 20,182.94 ha en el 2007, valores que muestran una clara tendencia progresiva en el crecimiento poblacional de la región. Al respecto autores como Skole *et al.* (1994) señalan que las actividades humanas actuales han sido reconocidas como una de las principales fuerzas que han transformado la biósfera, así como responsables de la mayoría de la acelerada transformación de los territorios. Como consecuencia, la región en estudio ha evidenciado mediante el análisis multitemporal un cambio notorio en cuanto al uso del suelo. A este respecto Gómez (1997) considera que si bien la utilización de imágenes de satélite es importante en la identificación de las transformaciones de zonas rurales a urbanas, en la disminución de la cobertura vegetal e incluso en la transición de una cobertura a otra, es necesario el uso de otro tipo de información como respaldo de dicho análisis.

En general los estudios de análisis multitemporal para identificar los cambios en el uso del suelo son una fuente de información que necesitan de una comprobación visual de campo, por medio de transectos y el registro de observaciones en fichas, así como del levantamiento de puntos de control para su posterior verificación, con la finalidad de contar con datos que permitan complementar la información obtenida a partir del análisis de imágenes de satélite y poder contextualizar de manera integral la región de estudio de manera clara y objetiva. En este sentido la complejidad de los procesos de cambio en la región de Atlixco, tiene una clara manifestación sobre la cobertura vegetal y los diferentes usos del suelo, producto del aprovechamiento y la explotación de los bienes y recursos que proporcionan los diferentes ecosistemas.

De esta manera, se verifica la hipótesis dos respecto a la pérdida de vegetación y la transformación del uso del suelo agrícola-urbano, debido principalmente al crecimiento demográfico.

La **hipótesis tres** planteó que los aspectos sociales como el arraigo a la tierra, las costumbres y los factores culturales, son elementos importantes que determinan en gran medida la velocidad e intensidad del cambio de uso del suelo agrícola-urbano en el Municipio de Atlixco, Puebla.

En este sentido es importante mencionar que existe una relación entre los aspectos culturales de los actores involucrados en la transformación de la región y la velocidad e intensidad del cambio de uso del suelo. Los procesos de intensificación y de crecimiento urbano se manifiestan en distintas modificaciones en los modos de aprovechamiento de los recursos que, a la larga, conducen en transformaciones estructurales en los usos del suelo; estas interacciones que se dan en esta región entre seres humanos y los ecosistemas, se ven fuertemente condicionadas por la alteración o desaparición de determinadas prácticas y modos de producción y aprovechamiento. Sin embargo es importante mencionar que el sistema social determina los objetivos humanos, y el ecosistema presenta un abanico de posibilidades a través del cual estos objetivos se hacen realidad (Fitzhardinge, 1994). La tecnología, la ideología, la cultura, los procesos sociales y las estructuras económicas son el producto de la relación entre la sociedad y el ecosistema. En este sentido la interacción entre el ecosistema y el sistema social presentó la necesidad de examinar y comprender la relación existente entre estos dos elementos y su importancia en la disminución del cambio de uso del suelo.

Al respecto Toledo (1998) señala que no puede soslayarse el hecho de que existe una permanente relación entre la parte rural-urbano y natural, debido a que al dejar fuera el análisis de los componentes naturales (socializados a través de los procesos productivos y culturales) se olvida que la reproducción de la sociedad rural se da en un contexto ecológico y geográfico tan concreto como los vínculos que aquella establece con el mundo de la ciudad y la industria. Si el universo urbano descansa sobre la dinámica de los espacios rurales, éstos a su vez sólo logran existir a partir de la aproximación de los procesos y los elementos de la naturaleza. En este sentido se considera que el resultado ha sido una evidente separación (quizás solo atenuado por ciertas corrientes de la geografía) entre las ciencias sociales (y humanas) y las ciencias naturales durante el estudio de las sociedades rurales. Por lo que es importante considerar los diferentes factores que afectan y transforman el uso del suelo agrícola, es decir es necesario considerar un estudio

con enfoques holísticos que considere a todos los elementos involucrados en estas transformaciones.

Un aspecto importante en la transformación del uso del suelo agrícola, es la producción campesina basada en la agricultura indígena, bajo este contexto es prescindible definir lo que para esta investigación es un campesino. A este respecto Warman (1972:117), señala que el campesino es un tenedor de tierra para cultivar en ella. El propósito que el campesino persigue al hacer producir la tierra es el de subsistir, el de satisfacer su dieta fundamental. Por eso el campesino procura producir lo que puede conservar para su propio consumo y obtener un excedente que pueda cambiar por lo que necesita y él mismo no produce. En la misma línea Wolf (1972:12) señala que los campesinos son labradores y ganaderos rurales cuyos excedentes son transferidos a un grupo dominante de gobernantes que los emplea para asegurar su propio nivel de vida y que distribuye el remanente a los grupos sociales que no labran la tierra, pero que han de ser alimentados a cambio de otros géneros de artículos que ellos producen.

Por otra parte Kroeber (1948:284) señala que los campesinos son definitivamente rurales, aunque viven relacionados con los mercados urbanos. Forman parte de un sector de clase de una población más amplia que normalmente contiene centros urbanos, y a veces capitales con carácter de metrópoli. Constituyen sociedades parciales con una cultura parcial. Carecen de aislamiento, la autonomía política y la autosuficiencia de la población tribal, y, sin embargo, sus unidades locales retienen mucho de su identidad, integración y apego al suelo y su cultivo. Este apego a su tierra debido a una identidad indígena que en muchas ocasiones para algunos jóvenes representa un estigma por parte de la sociedad, principalmente con un sentido peyorativo, debido al estrecho vínculo de convivencia con la parte urbana, es lo que hace posible que el cambio en el uso del suelo, si bien es inminente, se vaya dando de una manera menos acelerada.

En este mismo sentido Caso (1996:337) señala que son cuatro los criterios más importantes para definir a un indígena: 1) el biológico, que consiste en precisar un importante y preponderante conjunto de caracteres físicos no europeos; 2) el cultural, que consiste en demostrar que el grupo utiliza objetos, técnicas, ideas y creencias de origen indígena o de origen europeo pero adoptadas, de grado o por fuerza, entre los indígenas, y que, sin embargo, han desaparecido ya de

la población blanca; 3) el criterio lingüístico, perfecto en los grupos monolingües, aceptable en los bilingües, pero inútil para aquellos grupos que ya hablan castellano y, por último; 4) el criterio psicológico, que consiste en demostrar que el individuo se siente formar parte de una comunidad indígena. Es indio aquel que se siente pertenecer a una comunidad indígena, y es una comunidad indígena aquella en que predominan elementos somáticos no europeos, que habla preferentemente una lengua indígena, que posee en su cultura material y espiritual elementos indígenas en fuerte proporción y que, por último, tiene un sentido social de comunidad aislada dentro de las otras comunidades que la rodean, que hace distinguirse asimismo de los pueblos de blancos y mestizos (*Ídem*).

En este sentido los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la mayor parte de los campesinos que aún se dedican al campo tienen orígenes indígenas y que aún realizan esta actividad por gusto y por una forma de cultura ancestral que se ha caracterizado desde antes de la llegada de los españoles, por un modo de producción articulado, sistematizado y respetuoso de la naturaleza. Al respecto Warman (1978) señala que antes de la conquista española, existían distintas naciones de diversas clases y varias áreas culturales con diferentes niveles de organización de la producción. “En el siglo XX, cuando menos en el discurso público y en el pensamiento ilustrado o informado, el ámbito de aplicación del concepto indígena se redujo a quienes eran portadores de una lengua y tradiciones asociadas” (Warman, 2003:38-39).

Los resultados obtenidos en el análisis realizado entre las localidades de San Pedro Benito Juárez y Nexatengo, con respecto a que el cambio de uso del suelo se da en menor medida en zonas en donde existe un alto porcentaje de pobladores indígenas, lo cual confirma lo señalado por Warman (1978) cuando menciona que la identidad indígena se manifiesta con la tierra y la territorialidad (como espacio material, pero también simbólico o sagrado), las expresiones más definidas de las culturas indígenas, las lenguas o las fiestas, y, desde el punto de vista político, en donde se encuentran los mecanismos esenciales de la auténtica representatividad territorial. Es decir, que existe un fuerte aspecto cultural que influye en la forma en cómo se han venido desarrollando las transformaciones del uso del suelo de la región de estudio, sobre todo en la propiedad de ejido y comunal.

Los resultados de la investigación demuestran que el cambio de uso del suelo en el municipio de Atlixco no sólo se da en la propiedad privada y el ejido, sino también en la propiedad comunal, aspecto importante si se considera que éste tipo de propiedad es el principal patrimonio a considerar en la conservación del territorio y de un patrimonio cultural ancestral.

Por otra parte estudios sobre el campesinado, fundamentados en el desarrollismo, en teorías modernizadoras o en el marxismo ortodoxo, han fracasado porque vaticinaban su desaparición, lo cual no ha sucedido, precisamente una de las premisas es que la transformación de los ejidos y las tierras comunales a propiedad privada iban a contribuir en este sentido, sin embargo es evidente que existe una gran diferencia entre el mundo “moderno” e industrializado y el rural a pesar de los intentos del primero en absorber al segundo. Esto ha fomentado que en la región exista un incremento de la proletarización de los campesinos en la ciudad y una perseverancia de los mismos en la parte rural.

El campesinado como grupo social, como cultura y como sistema económico convencionalmente ha sido incluido entre las llamadas sociedades tradicionales y arcaicas condenadas a desaparecer ante el ineludible impacto de las transformaciones en el territorio. La persistencia de los campesinos en países más desarrollados, se aprecia como una curiosa y simpática supervivencia o rezago cultural. Mientras que su presencia en países menos desarrollados es un indicador de su condición subdesarrollada. En ambos casos los campesinos son vistos como una formación precapitalista y preindustrial en rápido proceso de desintegración ante las fuerzas incontenibles de la expansión del capitalismo y de la industrialización (Palerm, 1980:16).

Por otra parte Warman (1972:67) señala que el campesino deja de serlo y se convierte en empresario cuando se le compromete en una producción destinada al intercambio, al mercado de tipo capitalista, sustrayéndolo de su actividad característica: la obtención de productos para su propia subsistencia. En este mismo sentido Wolf (1972:5) señala que la sociedad industrial ha sido edificada sobre ruinas de la sociedad campesina, lo cual indica que no desaparecerán debido principalmente a que la sociedad campesina existe en virtud de la solidaridad moral tradicional (Redfield, 1973:58) y aunque ésta es un segmento social inmerso en un marco complejo y regulado por el Estado no desaparecerá (Warman, 1980:34).

De acuerdo a los resultados obtenidos en función de la permanencia del campesino, la lucha por sus tierras, así como la supervivencia de lo tradicional en la región, nos permiten refutar la idea de Foster (1967:52) cuando afirma contundentemente que las comunidades rurales modernas representan un rezago cultural del pasado preindustrial, y acabarán por desaparecer, sencillamente porque el ingrediente campesino es, lógicamente, incompatible con la edad industrial y que la sociedad campesina sólo representa la sociedad rural de las civilizaciones preindustriales (Foster, 1972:17).

En este sentido se puede decir que la permanencia del campesino a pesar de las adversidades políticas, económicas, sociales y climáticas en la región de Atlixco permite confirmar lo que señala Palerm (1980:18) cuando dice que éste sigue constituyendo una importante parte de la población mundial, denotando a veces signos de crecimiento vigoroso, y su producción no capitalista está estrechamente vinculada a la producción y reproducción capitalista.

Es cierto que la modernización causa ciertas irregularidades, pero ello no supone que todas las sociedades y culturas queden reducidas a la homogeneidad absoluta y monótona. Nos encontramos ante un campesino que mantiene y desarrolla prácticas sociales, productivas y reproductivas de corte no capitalista pero que transfiere una importante cantidad de recursos que son empleados en la producción y reproducción, aún a pesar de los altos costos que les genera el trabajar sus tierras y aún con la falta de apoyo por parte del gobierno, aunado a la falta de agua y la degradación y erosión de los suelos que como consecuencia trae consigo la infertilidad de los mismos los bajos rendimientos en su producción tradicionalmente maíz y frijol, los cuales sólo son utilizados como un medio de subsistencia. A este respecto Wolf (1972) señala la importancia de construir una tipología sobre las personas que se dedican a cultivar la tierra, con la finalidad de no confundir a un agricultor primitivo, a un campesino y a un granjero moderno.

Para Wolf (1972), los agricultores primitivos son los que realizan la actividad agrícola de acuerdo a la calidad de la tierra y a la tecnología poco desarrollada de que dispone en el seno de un grupo marginal y cerrado, de modo que su producción no es vendida a la sociedad mayor, en cuyo ámbito geográfico está situado el grupo, sino que es consumida por la propia familia o intercambiada según los cánones de reciprocidad vigentes.

Los granjeros modernos son los que tienen una cantidad y calidad de tierra adecuada, una tecnología avanzada y un poder gremial o político que les permite influir de algún modo en la fijación de los precios de los productos que venden a la sociedad mayor, situación que ocurre con los entrevistados de la localidad de Nexatengo. En cambio, los campesinos tienen una situación intermedia, que se debe a la posición que ocupan en la sociedad nacional. Por una parte, se parecen a los agricultores primitivos por no tener a menudo tierra suficiente y por carecer de una tecnología adecuada, y por otra parte, se parecen a los granjeros modernos, por vender sus productos a la sociedad mayor, aunque la venta se haga a precios bajos pues los campesinos no tienen un verdadero poder gremial y político, tipología que identifica claramente a los campesinos entrevistados de la localidad de San Pedro Benito Juárez. De esta manera, se puede decir que los campesinos son agricultores que explotan la tierra con la finalidad de tres fondos de producción: el fondo de remplazo, el fondo ceremonial y el fondo de renta (Wolf, 1972).

De acuerdo con lo anterior el cambio de uso del suelo en la localidad de San Pedro Benito Juárez se da en menor medida que en Nexatengo debido a la importancia que tiene la tierra para los campesinos, no sólo en el sentido de la producción como tal sino en todo el aspecto cultural, social y natural que ésta representa para ellos y en donde difícilmente se desharán de ella.

Lo anteriormente mencionado confirma los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a diferentes campesinos, los cuales señalaron que en el caso de San Pedro Benito Juárez en donde el cambio de uso del suelo ha sido inferior en términos relativos a los de la localidad de Nexatengo, se debe en gran medida a la existencia de grupos indígenas hablantes del náhuatl que aún conservan sus tierras y no pretenden deshacerse de ellas, por lo menos no mientras estén vivos, solo las heredaran a sus hijos, éste es un elemento importante en la conservación de las tierras y por ende en la disminución del cambio de uso del suelo, en donde el aspecto social y cultural indígena determina en gran medida la actual condición de la región con respecto a estas transformaciones.

Sin embargo, actualmente los grupos sociales de la localidad de San Pedro Benito Juárez se encuentran divididos por problemas partidistas, lo que propicia una ruptura en su estructura comunitaria importante para seguir conservando sus tierras ya que son motivados por líderes que solo buscan el beneficio económico y no así el beneficio común para cambiar el tipo de tenencia de la tierra y ésta pueda ser vendida, éste último es un aspecto importante que podría influir en el cambio de uso del suelo de dicha localidad, pues si bien es cierto que la lucha constante por conservar sus tierras durante varias décadas ha logrado su objetivo, actualmente debido a los altos índices de migración que existe en la localidad y al desinterés por parte de las nuevas generaciones por seguir trabajando el campo, así como a la edad promedio de las personas que actualmente se dedican al campo (65 años) puede decirse que la disminución de las actividades agrícolas es inminente.

El caso de Nexatengo es distinto porque, de acuerdo a los resultados obtenidos, la mayor parte de la propiedad es rentada y privada lo que le da otro rumbo a la transformación del territorio, sin mencionar que las personas que aún se dedican a la agricultura, de acuerdo con la tipología que señala Wolf (1972) son granjeros modernos, sin embargo un factor importante que está determinando el cambio de uso del suelo en dicha localidad paradójicamente es el agua, a pesar de estar en una zona en donde existen diversos mantos acuíferos y ríos superficiales, se encontró que ya no es suficiente este importante recurso para regar los sembradíos, como consecuencia las personas que rentan las tierras con fines agrícolas comerciales están dejando de hacerlo pues ya no les es redituable, debido a que su cosecha no se les da por la falta del líquido. Este factor es determinante pues si no existen las condiciones mínimas para realizar la agricultura, nos comentaban algunos productores que las personas que les rentan pensaban en vender los terrenos a empresas dedicadas a la construcción de complejos habitacionales.

Por otra parte el claro incentivo por parte del gobierno por el cambio de uso del suelo en estas dos localidades en específico, de acuerdo a su modelo neoliberal, es uno de los factores más importantes para que dichas transformaciones se den de manera acelerada, sin embargo existen elementos adyacentes que han contribuido de una u otra forma en dichos cambios en esta localidad en los últimos 30 años, uno de ellos es precisamente la sobre explotación de los recursos naturales como el agua, los altos costos de los fertilizantes y semillas, la apertura

económica de los productos básicos alimentarios lo que ocasiona que los productos que se producen en Nexatengo no puedan competir con el precio de los productos importados debido a los altos costos de producción. Otro factor importante es la falta de interés por parte del gobierno para abatir o disminuir este efecto, pareciera que por el contrario, basados en una política neoliberal se les apoyara menos a los campesinos con la finalidad de conseguir lo máspreciado para ellos, sus tierras, con la premisa de traer modernidad y desarrollo y crecimiento económico para la región poniendo grandes consorcios comerciales que lo único que logran es hacer dependientes de sus productos a los campesinos y ya no generar sus propios.

De acuerdo con los datos obtenidos y analizados anteriormente se verifica la hipótesis tres que se planteó en esta investigación con respecto a que los aspectos sociales como el arraigo a la tierra y los factores culturales determinan en gran medida la velocidad e intensidad del cambio de uso del suelo agrícola-urbano.

Los resultados obtenidos en esta investigación derivados de la utilización de diferentes metodologías, así como de la triangulación de los mismos, permitieron poder llevar a cabo un análisis de la dinámica de la transformación del territorio desde una perspectiva holística, considerando aspectos, históricos, biológicos, geográficos, económicos, políticos, sociales y culturales, mismos que en su conjunto permitieron explicar un fenómeno que en otras investigaciones sólo se considera uno u otro elemento, sin considerar la complejidad del problema y la parte más importante, el aspecto social y cultural en el cambio del uso del suelo.

Es importante mencionar que la complejidad de las transformaciones en el cambio de uso del suelo requiere de la utilización de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica para el manejo y análisis de la información que representa este problema. La búsqueda de respuestas a problemas complejos requiere del trabajo interdisciplinario y multidisciplinario por parte de los investigadores, así como del uso de diversas metodologías que permitan dar respuestas a problemas específicos y de construir escenarios que nos lleven a hacer conciencia de las acciones que en el presente determinarán las condiciones futuras del territorio.

VIII. CONCLUSIONES

En este trabajo se propuso analizar la dinámica en el cambio de uso del suelo rural-urbano en la región de Atlixco, Puebla, con base en la teoría de sistemas y con un enfoque holístico, utilizando diferentes metodologías y con la finalidad de comprender el por qué y que factores han sido determinantes en la velocidad e intensidad de estas transformaciones.

En este sentido, y a partir del problema de investigación, objetivos e hipótesis de este trabajo se elaboran las siguientes conclusiones:

I. Sobre los procesos históricos

Los procesos de transformación del uso del suelo en la región de Atlixco tuvieron sus orígenes a partir de la conquista hispana, principalmente por el gran potencial que presentaba esta región para la introducción del ganado, para la agricultura de cereales como el trigo, la existencia de bosques maderables para usar en construcciones urbanas, así como para combustible, etc. Los asentamientos españoles y sus unidades productivas se establecen espacialmente en torno a los arroyos, nacimientos de agua y a las orillas de los ríos como el Cantarranas y el Nexapa, por la calidad de sus suelos y disponibilidad de agua; áreas que formaron parte de propiedades privadas de los españoles, las cuales quedaron integradas en haciendas y ranchos. En cambio la mayor parte de las tierras altas de la región quedaron en manos de los pueblos indígenas, por ser tierras poco fértiles, de suelos arenosos y debido a la monopolización de las haciendas, sobre todo en las últimas décadas del siglo XIX, en las que se acentuó la competencia por los recursos naturales entre pueblos y haciendas. En este sentido, elementos importantes como el relieve, la calidad de los suelos y la distribución del agua en zonas específicas de la región de Atlixco condujeron, desde la Colonia, a cierta especialización productiva en las tierras altas y en las bajas. Logrando con ello una clara identificación de la producción en una y otra zona, en donde las tierras bajas representaron una importante producción de trigo y cereales, cultivos que dependían no solo de cierto tipo de suelos, sino también, de manera importante del riego. Por el contrario, en las tierras altas el maíz era y sigue siendo el cultivo predominante pues depende únicamente del temporal.

En las dos últimas décadas del siglo XIX se modificaron las estructuras sociales y productivas de la región de Atlixco, producto del desarrollo socioeconómico y tecnológico que se expresan en nuevas formas de fragmentación, de cohesión, de interdependencia social y territorial, que ponen de relieve la manera en que las sociedades y sus componentes se manifiestan frente a nuevas condiciones. La introducción de nuevas formas de transporte, el desarrollo en infraestructura de vías de comunicación, el establecimiento de fábricas textiles, así como la inmigración de trabajadores provenientes de lugares más lejanos, son factores importantes que incentivaron el crecimiento de la población, la diversificación de la producción agrícola en las tierras bajas y el impulso comercial de la región. Esas modificaciones provocaron transformaciones importantes en el paisaje, así como en la forma en que tradicionalmente se realizaba la producción agrícola, en el manejo y uso de los recursos naturales, en las relaciones sociales de los pobladores de la región y en la relación de los espacios rurales y urbanos. Estas transformaciones expandieron los confines de la ciudad, incorporando los poblados rurales a la urbe y en la gran mayoría de los casos, absorbiéndolos e integrándolos en su lógica y en su funcionamiento.

La expansión urbana en la región de Atlixco es un proceso que trasciende en la transformación del territorio, aunque esto no se remite exclusivamente al crecimiento físico de la ciudad o su conurbación. Se han consolidado nuevas formas espaciales con importantes cambios cualitativos como la fragmentación territorial de los procesos productivos que afectan a las áreas rurales. Se intensifican las relaciones entre los centros urbanos, conformando mayores vínculos y constituyendo redes de interacción entre los subsistemas rurales urbanos y en donde se desarrollan procesos territoriales específicos, que se expresan a través de diversas formas sociales y económicas las cuales precisan la dinámica del uso del suelo.

Por otra parte se producen situaciones y actividades específicas, derivadas de la superposición de lo urbano, con fenómenos y manifestaciones propias de los ámbitos rurales, lo que genera una simbiosis con expresiones territoriales determinadas y concretas; dichas manifestaciones se expresan en situaciones específicas dentro del contexto de las actividades productivas, de la cultura de quienes ahí habitan, del medio ambiente y de la propiedad de las tierras, entre otras. Se trata del reconocimiento de territorios o ámbitos simbióticos, donde se expresan situaciones o

actividades que son propias de cada uno de esos ámbitos, en un marco físico donde la presencia de la ciudad es determinante en la organización del territorio.

Desde la perspectiva del desarrollo rural, se da en torno a los procesos culturales que se desarrollan en la región, dentro de un proceso de transición rural-urbano, en donde tienen lugar manifestaciones territoriales de gran complejidad. Uno de ellos se refiere a la construcción de identidad que realizan los habitantes de su propio territorio, de acuerdo a su proyecto de vida, de su cultura, de la manera en que lo aprenden y lo utilizan, identificándose con él, en términos de un campo simbólico y un patrimonio cultural. Esto precisamente, es lo que otorga a los espacios en transición, un carácter de unicidad valorizado por sujetos sociales que construyen su territorio, inspirados en los valores que forman sus hábitos de vida. A este respecto la región es el reflejo de pertenencia a la tierra y modo de comportamiento de las expresiones de identidad del grupo social que se lo apropia y que lo vive.

La transformación rural-urbana de la región de Atlixco, no es un proceso nuevo, sino que ha sido el resultado del devenir histórico desde épocas prehispánicas hasta nuestros días, en donde si bien es cierto la influencia de los españoles con respecto a su sistema de producción agrícola intensivo basado en el riego y con fines mercantiles aceleró dichos cambios, no hay que olvidar que el crecimiento demográfico a partir de esas fechas y hasta nuestros días sigue constituyendo un elemento importante en la conformación del territorio. En este sentido es importante hacer la aclaración que la situación en la que se encuentra actualmente la región de Atlixco con respecto al uso del suelo es consecuencia de una compleja relación de diversos factores sociales, económicos, naturales, políticos y culturales que determinan el presente y futuro con respecto a la disminución de áreas destinadas a la agricultura, así como a la creciente proliferación de zonas urbanas.

II. Sobre el análisis multitemporal

Los cambios ocurridos a lo largo de 30 años en la región se pueden apreciar de manera visual con la interpretación visual realizada a diferentes imágenes de satélite, en donde las tonalidades en color rojo oscuro representan la vegetación intensa que se encontraba en la zona, es difícil precisar la parte urbana solamente de manera visual. Estos cambios representan un primer acercamiento cualitativo-explicativo de la situación de la región. Por ello fue necesario determinar de manera cuantitativa el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), para determinar la actividad fotosintética de la planta y de esta manera poder evaluar el seguimiento del desarrollo de la vegetación, o en su caso de la deforestación. Este análisis mediante series de tiempo ha permitido evaluar la dinámica del cambio de uso del suelo con respecto a la pérdida de vegetación estacional de la región.

Por otra parte el análisis multitemporal del cambio de uso del suelo permitió evaluar y medir la complejidad de los procesos de cambio en la región de Atlixco, la cual tiene una clara manifestación sobre la cobertura de la vegetación y los diferentes usos del suelo, estando dichos cambios determinados por una red de complejas interacciones de factores socioeconómicos y medio-ambientales. Se pudo observar que el crecimiento urbano y la evolución de las actividades agrícolas tienen una estrecha relación con las transformaciones del uso del suelo. Las interacciones que se dan en esta región entre seres humanos y los ecosistemas, se ven fuertemente condicionadas por la alteración o desaparición de determinadas prácticas y modos de aprovechamiento.

Con este análisis temporal se pudo observar que en las últimas décadas el cambio de uso del suelo se ha incrementado en la región de Atlixco con relación a las zonas urbanas (ZU) al pasar de 3,406.38 ha para el año 1977 a 20,182.94 ha para el año 2007, este incremento expresa serias implicaciones en el medio ambiente y en la disminución de áreas destinadas a la agricultura tanto de temporal como de riego, al presentar un cambio de 13, 616.92 ha en 1977 para la agricultura de riego (AR) a 4,442.61 ha para el 2007; de igual manera la agricultura de temporal (AT) paso de 40,986.41 ha en el año de 1977 a 29,869.62 ha para el año 2007, lo que confirma la transformación del uso del suelo agrícola-urbano en la región a lo largo de 30 años.

III. Sobre los factores Sociales

Es importante mencionar que los factores sociales y culturales representan un papel fundamental dentro de la transformación del uso del suelo, pues gracias a sus costumbres, hábitos y formas de organización, han podido determinar en gran medida la velocidad e intensidad estas transformaciones. Localidades como la de San Pedro Benito Juárez en donde todavía existen personas indígenas hablantes del náhuatl, son actores determinantes en esta lucha constante entre lo rural y lo urbano. Sin embargo, como en muchos otros lugares las personas que actualmente siguen dedicados a la actividad agrícola son personas con una edad promedio de 65 años. Los jóvenes al no ver futuro en la actividad primaria prefieren dedicarse a otras actividades del sector secundario y terciario, o en última instancia migrar a otro lado en busca de mejores oportunidades.

Quizás el factor más preocupante por el cual se esté dejando de trabajar el campo sea el “agua”. Un recurso vital para poder seguir trabajando las tierras, -en algunos lugares- no así en el caso de San Pedro Benito Juárez en donde la mayor parte de su agricultura es de temporal desde la época de la conquista. En este sentido puede decirse que la supervivencia del campesino ante las transformaciones del territorio se debe a su capacidad para conservar prácticas y técnicas de producción tradicional, así como sus usos y costumbres, que ante diferentes contextos, pueden ser modificados. Su fortaleza radica en la capacidad de adaptación a los cambios, sin perder su objetivo campesino, productivo arraigado al agua, la tierra, a sus costumbres y al manejo de diversos recursos del ambiente en el que se encuentran. Sus modificaciones y redefiniciones de hábitos y cambios sociales, han permitido que nuevas adaptaciones y estrategias campesinas se desarrollen e implementen, con la finalidad de incorporarse a la dinámica de cambios ocurridos en el uso del suelo y al papel que desempeñan los factores sociales dentro de estas continuas transformaciones. Los procesos históricos de lucha campesina por recuperar y conservar sus tierras tienen la clara intención de subsistencia ante políticas en materia de “ordenamiento territorial” sobre cambios de uso del suelo para destinarlo a la vivienda, a la industria y a la maquila, pues aunque el planteamiento de éstas políticas reconoce la importancia de elementos como las cadenas productivas y de valor agregado, clúster, y denominación de origen, de nada

sirven éstas acciones si no están articuladas a la región en una economía intrínsecamente multisectorial en donde predomina fundamentalmente la agricultura.

El sentido de pertenencia a la tierra por parte de los campesinos de San Pedro Benito Juárez, es en primera instancia lo que les ha permitido sobrevivir a todas estas luchas en el devenir histórico por seguir conservando su patrimonio cultural, sus recursos naturales y esa idiosincrasia de ver su trabajo en el campo como solo como un medio de subsistencia, de satisfacer su dieta fundamental y de obtener un excedente solo con la finalidad de intercambiarlo por lo que necesita y él mismo no produce. Aspecto que no ocurre de la misma manera en la localidad de Nexatengo, en donde lo que produce el granjero moderno, sólo tiene la finalidad de ser vendido con fines netamente comerciales.

En este sentido el campesino, sea el ocupante original de los espacios que absorbe la mancha urbana, o sea el migrante del ámbito rural, posee una condición cultural y una tradición que afirma su identidad y pertenencia territorial a lo rural y sus nuevas formas de convivencia, en donde los habitantes de estos espacios simbióticos se ven influenciados por la dinámica urbana, a tal grado que asumen e insertan en las actividades y funciones que impone la jerarquía urbana. Manteniendo sin embargo, la producción agropecuaria por razones que tienen que ver con la tradición y la cultura. Producción que está presente a pesar de la invasión paulatina de construcciones y por la expansión de la ciudad, áreas de explotación agrícola, ganadera y forestal que han resistido el avance de la urbanización, pero que de alguna u otra forma ya son parte del espacio funcional de la ciudad y cumplen con un determinado rol en su ámbito jerárquico.

IX. PROPUESTAS

El presente capítulo describe una serie de propuestas estratégicas con respecto al uso del suelo para la región de Atlixco, Puebla, mismas que están basadas en los resultados de la presente tesis y en donde se parte de un enfoque sistémico que permite describir los factores más importantes que están relacionados con la transformación del uso del suelo.

Se busca brindar un panorama de las condiciones actuales exponiendo la problemática encontrada en la región, en relación con el cambio de uso del suelo. Así como proponer algunas actividades a ejecutar tanto por parte de los actores sociales como por parte de las diversas dependencias de gobierno y autoridades correspondientes. En este sentido es importante que se lleven a cabo acuerdos y negociaciones entre los involucrados para resolver los diferentes temas. El objetivo de las estrategias es establecer acciones que permitan lograr un adecuado ordenamiento del territorio, evitar la construcción del territorio disperso y la sobre explotación de los recursos naturales con la finalidad de fomentar las actividades agrícolas, así como acciones que incorporen criterios ambientales en la atención de los problemas económicos y sociales.

Actualmente nos encontramos frente a una visión innovadora de la economía rural que reconoce a los nuevos sectores económicos y sus externalidades. En este sentido, es necesario una revalorización de esta área rural debido a su cercanía con los centros productivos industriales y zonas residenciales con una lógica de producción y no al abuso y despojo de sus tierras, sino a las demandas sociales de seguridad y alimenticias de la población, en las cuales sus recursos históricos, culturales, tradicionales en general y el patrimonio colectivo puedan establecer nuevas relaciones entre lo rural y urbano.

El medio rural de la región de Atlixco se reviste de oportunidades económicas, por sus recursos naturales, sus recursos humanos, sus recursos ambientales, su capital social, por una valorización de la vida del campo, de su cultura, y por el pasado histórico que guarda su territorio. La economía en el medio rural ya no es sólo el sector agrario, ahora se perfila una economía multisectorial, diversificada, donde se observa un crecimiento de las actividades productivas no

agrícolas así como del empleo no agrícola, es decir actividades en las que se están ocupando la mayoría de los habitantes de esta región.

A este respecto la dinámica y condiciones específicas de la región establecen la necesidad de coordinar las diversas instancias de la administración pública y de gobierno, así como a los actores sociales a fin de lograr una atención integral efectiva de los aspectos esenciales del desarrollo y de las demandas y necesidades de la población. La problemática de la región debe operar como un espacio de inserción de las políticas y acciones, así como un ámbito de generación de consensos y acuerdos que puedan reorientar el desarrollo hacia criterios de preservación de los recursos.

En el proceso de concertación entre conservación y producción ante la problemática acelerada en el cambio de uso del suelo, es posible utilizar, básicamente, tres instrumentos de planeación: (i) los planes de manejo de áreas protegidas; (ii) el plan de ordenamiento ecológico del territorio; y (iii) un programa regional.

En este sentido debe iniciarse un proceso de facilitación de la asignación de la tierra a los usos que proporcionen los mayores beneficios tanto económicos y sociales de la región, así como la promoción de un proceso de transición hacia un manejo integral de los recursos, para lo cual, deben considerarse los aspectos ambientales, sociales y económicos con un enfoque sistémico y endógeno de desarrollo. Es importante que la toma de acciones al respecto implique la participación de la población, el desarrollo de nuevas tecnologías y que éstas queden enmarcadas bajo criterios de equidad y de justicia. Estas acciones deben encausarse mediante políticas claras y eficientes que acepten como premisa básica la responsabilidad y el costo del aprovechamiento duradero de los recursos naturales, con miras a la superación de la pobreza y mejorar la calidad de vida de la población.

Otro aspecto importante a considerar es la implementación de un modelo económico que no degrade más el entorno natural y que incentive el desarrollo de políticas que resulten en un mejor uso y manejo de la tierra, mismas que estén encaminadas al mejoramiento, fortalecimiento de sistemas de planeación, manejo y evaluación de los usos del suelo, así como al fortalecimiento

de instituciones y mecanismos de coordinación que faciliten la inclusión y participación activa de comunidades y personas del ámbito local. En donde el desarrollo económico y social de la región descansa en la base fundamental de la búsqueda de la satisfacción de necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades. En este sentido es importante considerar dos principios básicos que están ligados con el aprovechamiento de los recursos naturales:

1. Satisfacer las necesidades básicas del hombre (alimentación, vestimenta, vivienda, etc.).
2. La capacidad de soporte de los recursos del ambiente para absorber los efectos de las actividades de los seres humanos (capacidad de carga).

El desarrollo de la región debe de fundamentarse en la premisa de armonizar la explotación de los recursos naturales, la orientación de las actividades productivas y el desarrollo tecnológico, potenciando su capacidad de satisfacer:

- Las necesidades esenciales de trabajo, alimentación, energía, agua, etc. de las personas.
- Asegurar un nivel de vida sostenido para la población.
- Conservar y compartir la base de los recursos.
- Fusionando el medio ambiente, la economía y la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Para lograr lo anterior, se requiere que se considere:

1. Un sistema que asegure la participación ciudadana efectiva en el proceso de planeación y en la toma de decisiones.
2. Un sistema de producción que respete la obligación de preservar la base ecológica para el desarrollo.
3. Un sistema tecnológico que busque continuamente nuevas soluciones a problemas complejos como la escases y aprovechamiento del agua.

4. El apoyo de instituciones de investigación científica para el desarrollo y puesta en marcha de estrategias que aminoren la problemática del cambio de uso del suelo.
5. Programas de gobierno que incentiven y promuevan el desarrollo agrícola de la región considerando toda la cadena de valor y no sólo la parte productiva.

De lo anterior se desprende la necesidad de un instrumento de planeación que incluya, como un aspecto fundamental, la distribución geográfica de la población y sus actividades, de acuerdo con la potencialidad de los recursos naturales que conforman el entorno físico y biótico.

La incorporación de nuevas herramientas que involucren la capacidad de manejo de la información, desde una perspectiva sistémica, generó la necesidad de desarrollar un lenguaje general que sea capaz de articular estilos y formas de pensamiento frente al desafío de realizar un pronóstico de los cambios en lo que hoy se entiende por ambiente. Esto es no sólo entender las características cualitativas y cuantitativas de los objetos o recursos, sino representar y reconstruir, las relaciones que las culturas generan con ellos en el seno del territorio.

Lo anterior desemboca en el planteamiento de una nueva forma de realizar la planeación del desarrollo en la cual se integre la política económica, lo social, lo cultural y lo ambiental, dentro de un marco territorial. En este sentido el ordenamiento territorial como instrumento de planeación debe partir del reconocimiento de la identidad y diversidad regional expresada en unidades territoriales con oportunidades, limitaciones y problemas particulares. Además, debe admitir la existencia de actores sociales con intereses, aspiraciones, expectativas y percepción de la problemática diferentes y hasta contradictorias.

Por otra parte es importante que la política ambiental, determine la orientación de las actividades productivas y defina las modalidades de uso de los recursos y servicios ambientales, teniendo como principal objetivo la organización armónica de la región, mediante la integración de tres criterios complementarios: recursos naturales, usuarios y espacio. A partir de esta concepción, es importante considerar tres elementos básicos para una adecuada planificación espacial:

1. La utilización óptima de recursos de acuerdo a sus potencialidades y distribución geográfica.
2. La disminución de los desequilibrios intrarregionales.
3. La utilización racional de los recursos de acuerdo a las necesidades de los actores involucrados.

Como puede apreciarse es una noción compleja, la cual integra aspectos conceptuales de planificación regional o espacial, haciendo énfasis en el aspecto geográfico, las necesidades de la sociedad regional y en la disminución de los desequilibrios. En este sentido es importante diseñar diversas herramientas informáticas como los Sistemas de Información Geográfica que estén a disposición de los actores locales y que operen como monitores de los efectos de las políticas públicas en diferentes condiciones, a fin de garantizar la unidad de la información recabada y la formulación de planes a futuro mediante la elaboración de diversos escenarios.

Debido a lo anterior se propone llevar a cabo las siguientes acciones:

- a) La elaboración de un Sistema de Información Geográfica en donde se establezcan las características ambientales y socioeconómicas regionales, así como la representación territorial de los principales procesos que estén afectando el manejo de los recursos naturales.
- b) La ubicación de los diferentes actores regionales, la explicación de los principales problemas regionales, el análisis de los procesos (causa y efecto) que caracterizan la situación actual y la elaboración de escenarios posibles.
- c) La elaboración de estrategias integrales que permitan el desarrollo regional, considerando distintas escalas espaciales y temporales, las cuales consideren, al menos, algunos de los siguientes aspectos:
 1. Propuestas para el manejo, restauración, aprovechamiento y conservación de la biodiversidad.

2. Propuestas de solución que vinculen la problemática agraria con el manejo de los recursos naturales.
3. La declaración del establecimiento de áreas naturales protegidas.
4. Ordenación de las diferentes actividades productivas de acuerdo con la propuesta de ordenamiento ecológico.
5. Listado de las demandas productivas, políticas y de servicios de las diferentes comunidades, ejidos y organizaciones. Incluyendo una propuesta de jerarquización para su solución.
6. Diseño de diferentes paquetes tecnológicos sustentables para la producción agrícola.
7. Diseño de mecanismos de coordinación institucional y descentralización del gasto público, para la operación de programas regionales enfocados al sector rural.
8. Estimulación del crecimiento urbano hacia zonas de baja productividad y con posibilidades de dotación de infraestructura a bajo costo, así como la protección al medio ambiente, mediante un incentivo fiscal por captación de agua con techos verdes, conservación de los recursos naturales, promoviendo el incremento de áreas verdes y de esparcimiento.
9. Programas para impulsar la generación de empleos locales permanentes mediante el apoyo a las actividades del sector turístico (turismo rural) y agropecuario.
10. Programa de identificación de oportunidades para el desarrollo de nuevas actividades económicas en el sector primario.
11. Regulación de la ocupación del territorio mediante el establecimiento y aplicación efectiva de normas claras de uso del suelo.

En lo que respecta a la parte política como instrumento ecológico debe de brindar un conjunto de oportunidades concretas que permitan lograr los siguientes objetivos:

- ✓ Estimular un mejor establecimiento de las actividades productivas y sociales en relación al aprovechamiento racional de los recursos naturales.
- ✓ Contribuir a la descentralización y desconcentración económica en la búsqueda de un desarrollo regional más armónico.
- ✓ Afinar la definición de los usos del suelo, de acuerdo con su vocación ecológica y la demanda que existe sobre éste.
- ✓ Determinar las zonas sujetas a régimen especial de protección, conservación, restauración o aprovechamiento (políticas ecológicas).
- ✓ Contribuir con propuestas de equipamiento del territorio con el propósito de habilitarlo para lograr un desarrollo económico importante.

En este sentido, el objetivo central es sentar las bases de un adecuado uso del suelo de manera integral. Para ello, las propuestas anteriormente señaladas deben verse como instrumentos necesarios para una adecuada planeación de la región, la cual permitirá definir los usos y destinos del suelo en función de sus características, la disponibilidad de recursos naturales, la potencialidad económica de la zona y las necesidades de los actores sociales que en ella conviven.

X. LITERATURA CITADA

- Aguayo, M.; Azócar, G.; Wiegand, T.; Wiegand, K. & Vega, C. 2006. "Revealing driving forces of mid-cities urban growth patterns using spatial modeling: a case study of Los Angeles Chile". *Ecology and Society*. [En línea]. <<http://www.ecologyandsociety.org/index.php>>. 2006. [Consulta 5 Junio 2009].
- Aguilar Guillermo, Adrián, 2003. Urbanización, cambio tecnológico y costo social: el caso de la región centro de México. Instituto de Geografía, UNAM. Pp. 377.
- Aguirre Beltrán, Gonzalo. 1992. Obra antropológica XI, Obra Polémica. Fondo de Cultura Económica. "Prólogo" por Ángel Palerm Vich. México.
- Alberti, M. 2008. *Advances in Urban Ecology: Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. Springer-Verlag. 366 p.
- Alberti, M. y "Waddell, P. 2000. An integrated urban development and ecological simulation model". *Integrated Assessment*. 1: 215-227
- Alcamo, Joseph, Ash Neville, Butler Colin y Bennett, Elena. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Washington, DC: Island Press, 2003.
- Alexander, Don 1996. Bioregionalism: The need for a firmer theoretical foundation. In: *The Trumpeter Journal of Ecosophy*. Vol. 13 N°. 3.
- Altieri, M.A. 1987. "Agroecology: The scientific basis of alternativo agriculture". Westview Press Boulder. antropológicas. D. Robichaux, comp. Pp. 267-290. México, D.F.: Universidad Iberoamericana.
- Appelbaum, R. 2004 "Commodity Chains and Economic Development: One and a Half Proposals for Spatially-Oriented Research" en Center for global studies, University of California. pp.1-19. [En línea]. Disponible en: <http://repositories.cdlib.org/isber/cgs/01>. Consultado el 12 de mayo del 2011

- Appendini y Salles. 1979. Agricultura capitalista y agricultura campesina en México: diferencias regionales en base al análisis de datos censuales. En *Capitalismo y campesinado en México: Estudios de la realidad Campesina*. SEP-INAH. México.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F. and Huete, A. 1995. A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, Vol 13: 95-120.
- Barlow, Robert. "Tres pueblos del Valle de Atlixco, en Tlalocan, México", en *Fuentes y estudios sobre el México indígena*. Vol. IV núm. 3. 1963. pp. 274-276.
- Batista, G. T., y E. Shimabukuro and W. T. Lawrence 1997. The long-term monitoring of vegetation cover in the Amazonia región of northern Brazil using, NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, no. 18, pp. 3195-3210.
- Becht, G. 1974. "System theory, the key to holism and reductionism". *Bioscience*. 24 10: 579-596
- Berg, Peter. 1978. *Reinhabiting A Separate Country: A Bioregional Anthology of Northern California*. San Francisco: Planet Drum.
- Berkes, F. y Folke, C. 1998. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Berry, M., R. O. Flamm, B. C. Hazen y R. L. MacIntyre. 1996. The land-use change and analysis system LUCAS for evaluating landscape management decisions, *IEEE Computational Science & Engineering*, vol. 31, pp. 24-35.
- Bertalanffy, Ludwing Von. 2006. *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica. México. D.F.
- Bettini, V. 1998. *Elementos de ecología urbana*. Serie Medio Ambiente. Editorial Trotta. Madrid.
- Boege, Eckart. 1988. *Los mazatecos frente a la nación. Contradicciones de la identidad étnica en el México actual*. México, Siglo XXI.

- Bocco, G., J.L. Palacio y C.A. Valenzuela. 1991. "Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica". *Ciencia y Desarrollo XVII* 97: 79-88.
- Bocco, G. y H. Riemann. 1997. *Quality assessment of polygon labeling, photogrammetric engineering & remote sensing*, vol. 634, pp. 393-395.
- Bocco, G. 1998. "Naturaleza y Sociedad. Escalas de espacio y tiempo". *Ciencias*. 51: 54-59.
- Bocco, G., M. Mendoza y O. Masera. 2001. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 44, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 18-38.
- Boisier, Sergio. 2000. *Biorregionalismo: la última versión del cuento de traje del emperador*. *Revista Universum* 15, Universidad de Talca, Chile. Pp. 60
- Boisier S. 2003. *El desarrollo en su lugar*, Serie GEOLIBROS, Instituto de Geografía, P. Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Bonfil Batalla, Guillermo. 1973. *Cholula: La ciudad sagrada en la era industrial*. México, D.F.: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas.
- Bonfil Batalla Guillermo. 1990. *México profundo: una civilización negada*. México. Grijalbo. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- BONFIL, Guillermo. 1995. El concepto de indio en América: una categoría de la situación colonial. en *Obras escogidas de Guillermo Bonfil*. Selección y recopilación de Lina Odena Güemes, México, INI-INAH-DGCP-CONACULTA-FIFONAFE/SRA-CIESAS, [1972]. Tomo I, Obra Publicada: 337-357.
- Boserup, Ester. 2005. *The condition of agricultural growth: The economics of agrarian change under population pressure*. Chicago, Aldine Publishing Company,
- Brunet, R. 1986. *Comment écrire la Géographie Régionale*, *L'Espace Géographique*, vol. XV, pp. 241-296.
- Bunge, Mario. 1976. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires, Siglo veinte.

- Burrough, P. A. y Mcdonell, R. A. 1998. Principals of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
- Buzai, Gustavo. D. 2005. "Los Sistemas de Información Geográfica y sus métodos de análisis en el continuo RESOLUCIÓN-INTEGRACIÓN". X Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica X CONFIBSIG. San Juan de Puerto Rico.
- Caso, Alfonso. 1996. Definición del indio y lo indio, en Homenaje a Alfonso Caso. Obras escogidas, México, Patronato para el Fomento de Actividades Culturales y de Asistencia Social a las Comunidades Indígenas, A. C., 1996 [1948, en América Indígena, Vol. 8, pp. 275-280]: 331-338.
- Camacho Olmedo, M. T., Paegelow, M. y Menor Toribio, J. 2000. Límites y aportaciones de los Sistemas de Información Geográfica para trazar la dinámica espacio-temporal del paisaje en áreas montañosas mediterráneas, en Aguado, I. y Gómez, M. Ed. Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible. Alcalá de Henares, Universidad de Alcalá de Henares, pp. 381-401.
- Castañeda González, Rocío. Las aguas de Atlixco. Estado, haciendas, fábricas y pueblos. 1980-1920. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: Archivo Histórico del Agua: Comisión Nacional del Agua: El Colegio de México, 2005.
- Castañeda, G. R. 2005. Las aguas de Atlixco. Estado, haciendas, fábricas y pueblos, 1880-1920, Tesis doctoral, CIESAS, México.
- Castelán, V. 2003. Diagnóstico de la erosión de los suelos rojos de la Sierra Norte de Puebla. Alternativas de uso y manejo, Tesis de maestría, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
- Castelán V. R., Careaga R. J., Linares F. G., Pérez A. R., Tamariz F. V. 2007. Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 64, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 75-89.

- Castro, R. Roberto. 1997: Manual de Fotogrametría y Fotointerpretación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Colección de Docencia. 247 p. Santiago. Chile.
- Cayetano, E. Marin. 2003. Anotaciones en torno al concepto de región. NIMBUS, núm. 12, pp.67-87.
- CEPAL. 2003. Empleo e ingreso en las actividades rurales no agropecuarias de Centroamérica y México. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL Distr. Limitada LC/MEX/L.577 original: español.
- Cerda, Hugo. 1991. Los elementos de la Investigación. Editorial El Búho. Bogotá. Colombia.
- Chalmers, Alan, F. 2003. “¿Qué es esa cosa llamada ciencia?”, 3º Ed. Siglo Veintiuno de Argentina Editores. S.A. España. Pp. 250.
- Chapin III, F. S., B. H. Walker, R. H. Hobbs, D. U. Hooper, J. H. Lawton, O.E. Sala & D. Tilman. 1997. Biotic Control over the Functioning of Ecosystems. SCIENCE, 227: 500-504.
- Chikhaoui, M., F. Bonn, A.I, Bokoye y A. Merzouk.2005. A spectral index for land degradation mapping using ASTER data: Application to a semi-arid Mediterranean catchment. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation núm.7 pp.140-153.
- Chuvieco, Emilio. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp, S.A Colección Monografías y Tratados Ger. Serie Geografía y Ecología tratados. Madrid, España: 449 pp.
- Deering, D.W. 1978. Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors. Ph.D. Diss. Texas A&M Univ., College Station, 338 p.
- Chuvieco, Emilio. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. 3a. ed. Revisada. Ediciones Rialp, Madrid.
- Chuvieco, Emilio. 2006. Teledetección Ambiental: la observación de la Tierra desde el Espacio. Ariel., 586 pp.

- Cohen, J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, núm.5 pp.37-46.
- Comisión Nacional del Agua. Observatorio meteorológico de la ciudad de Puebla. CONAGUA. [En línea]. <http://smn.cna.gob.mx/>. [Consulta 17 Enero 2010].
- Comisión Nacional del Agua. Observatorio meteorológico de la ciudad de Puebla. CONAGUA. [En línea]. <http://smn.cna.gob.mx/>. [Consulta 17 Enero 2010].
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad. CONABIO. [En línea]. <http://www.conabio.gob.mx>. [Consulta 17 Enero 2008].
- Congalton R, Lunetta R, , Fenstermaker L, Jensen JR, McWire K, Tinney L. 1991. Remote sensing and geographic information system data integration: error sources and research issues. *Photogram. Eng. Rem. Sensing*, vol. 57, pp. 677-687.
- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, vol. 37, pp. 35-46.
- Cook T. D. y Reichardt Ch. S. 2005. *Qualitative and Quantitative Myehtods in Evaluation Research*. Ed. Morata. 5a. edición. Madrid. pp. 228.
- Coraggio, José Luis. 1994. *Territorios en transición. Crítica a la planificación regional en América Latina* 3a edición. Ed. Universidad Autónoma del Estado de México UAEM, México.
- Corbera Millán, Manuel y Calcedo Ordóñez, Victoriano. 1999. *Cambios en los espacios rurales cantábricos tras la integración de España en la UE*. Santander, Universidad de Cantabria.
- Cortés, Fernando y Cuellar, Oscar. 1987. Lenin y Chayanov: Dos enfoques no contradictorios. *Nueva Antropología*. No. 32.
- Cotler, A. 2003. "Características y manejo de suelos en ecosistemas templados de montaña". 153-161. En: Sánchez, O., Vega, E., Peters, E. y Monroy-Vilchis Editores. 2003. *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*. Secretaría de Medio

Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 pp.

Damiani, Luis. 1994. La diversidad metodológica en la sociología, Caracas, Fondo Editorial Tropykos/UCV, Caracas.

Dasmann, Raymond. 1976. Biogeographical Provinces. *CoEvolution Quarterly*, No. 11, Fall 1976. Sausalito, CA.

De Ketele, J. M. y Roegiers, X. 2000. Metodología para la recogida de información. Madrid: La Muralla, S.A.

De la Peña, Guillermo. 2000 ¿Un concepto operativo de lo ‘indio’?, en INSTITUTO NACIONAL INDIGENISTA, Estado del desarrollo económico y social de los pueblos indígenas. Primer informe, México, INI-PNUD, 2000: 24-25.

Denzin N. K. 1989. Strategies of Multiple Triangulation. *The research Atc: A theoretical Introduction to Sociological Methods*. New York: McGraw Hill.

Derin 1978 [en línea]

<http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=3> [Consulta 03 de Agosto 2011]

Di Pace M, Caride Bartrons H editores, 2004. *Ecología de la Ciudad*. Prometeo-UNGS. Buenos Aires.

Díaz, E. 1977. “Notas sobre el significado y el alcance de la economía campesina en México” en *Comercio exterior*. Vol. 27, núm. 12, pp. 1429-1438.

Díaz, G. J., G. García, O. Castillo e I. March. 2001. “Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México”. *Investigaciones Geográficas*. 44: 39-53

Dobson, A. P., A. D. Bradshaw & A. J. M. Baker. 1997. Hopes for the Future: Restoration Ecology and Conservation Biology. *SCIENCE*, 227: 515-522.

D.O.F., “Ley General de Asentamientos Humanos”, expedida por el presidente Luis Echeverría Álvarez, México. 26 de mayo de 1976.

D.O.F., “Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente”, 28 de enero de 1988.

Dollfus, O. 1996. Vous dites: géographie régionale. Deux ou tres choses queje sais d'elle, *L'Espace Géographique*, t. vol. XIV, pp. 257-258.

Dunjó G., G. Pardini y M. Gispert. 2003. Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment, *CATENA* vol. 52, pp. 23 -37. NE Spain.

Enlace. 2006. DIAGNOSICO ECONOMICO-ECOLOGICO. PUEBLA, MÉXICO.

ESRI. 2002. ArcView Ver 3.3 GIS, Environmental Sys-tems Research Institute, Inc.

FAO. 1998 Encuestas agrícolas con múltiples marcos de muestreo: Programa de encuestas agropecuarias basadas en diseños de muestreo con marco de área o doble marco de elección de área y de lista. 2 10:1-32.

FAO. 1995. Forest Resources Assessment 1990. Global Synthesis. FAO Forestry Paper No. 124. FAO, Rome. [En línea]. <http://www.fao.org/docrep/007/v5695e/v5695e00.htm>. [Consulta 17 Mayo 2010].

Fernández, M. 2008. Cambios de los usos del suelo en la Cuenca del río Guadalfeo en el período 1975-1999 Granada. Sevilla, Trabajo de Investigación de Máster Oficial en Gestión y Ordenación del Desarrollo Territorial y Local de la Universidad de Sevilla inédito.

- Fernández, Patricia., Juan Enrique García y Diana Esther Ávila. 2002. Estimaciones de la población indígena en México, en la situación demográfica en México. Consejo Nacional de Población, México.
- Fitzhardinge G. 1994. An Alternative Understanding of the Relationship Between the Ecosystem and the Social System - Implications for Land Management in Semi-Arid Australia. *The Rangeland Journal* vol. 16, pp. 254–264.
- Foody, G. 1992. On the Compensation for Change Agreement in Image Classification Accuracy Assessment. *En Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. vol 58 pp. 1459-1460.
- Foster, D.R., M. Fluet y E. R. Boose. 1999. Human or natural disturbance: landscape-scale dynamics of the tropical forests of Puerto Rico. *Ecological Applications* vol. 9 pp. 555–572.
- Foster, George McClelland. 1967. *Tzintzuntzan: Los campesinos mexicanos en un mundo en cambio*. Mexico. Fondo de Cultura Económica. Pp. 366.
- Foster, George. M. 1972. *Tzintzuntzan: Los campesinos mexicanos en un mundo en cambio*. FCE.
- Fuentes, Aguilar, Luis. 1972. *Regiones naturales del estado de Puebla, México*, UNAM-Instituto de Geografía.
- Garavaglia, Juan, Carlos. 1996. Atlixco: el agua, los hombres y la tierra en un valle mexicano siglos XVI-XVII, en Tortolero Villaseñor, Alejandro, *Tierra, agua y bosques: historia y medio ambiente en el México central*, México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos- Instituto Mora-Potrerillos-Universidad de Guadalajara, 1996, 69-126.

- García R. 2006. *Sistemas Complejos: conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Ed. Gedisa. Barcelona.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, 4a. ed., Editorial, Offset Larios, México, 217 p.
- García, F. 2003 “La agricultura latinoamericana en la era de la globalización y de las políticas neoliberales: un primer balance” en *Revista de Geografía*. Núm. 2, pp. 9-36.
- García, R. y Flores, G. 2005. *Los retos del desarrollo urbano y regional en el siglo XXI*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras públicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 303 pp.
- García, R., Schmook, B. y Espejel, C. 2005. “Dinámica en el uso del suelo en tres ejidos cercanos a la ciudad de Chetumal, Quintana Roo”. *Investigaciones Geográficas*. 58:122-139
- Garraín, D., Vidal, R. y Franco, V. 2007. “Ocupación y transformación del suelo de las carreteras españolas”. Proyecto: Indicadores de impacto y vulnerabilidad de las infraestructuras de transporte. Concurso Público de Ayudas a la Investigación 2005 Orden FOM/2376/2005.
- Gates, D.M. 1980. *Biophysical Ecology*, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
- Gilabert, M. A., J. González-Piqueras, F. J. García-Haro, and J. Meliá. 1997. A generalized soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing Environ.* 82: 303-310.
- Gliessman, S. R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p.

- Gliessman, S.R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V.E., Cohen, R., Trujillo L., Bacon, C., Jaffe, R. 2007. "Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad". *Ecosistemas*. 16 1: 13-23. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=459>
- Gligo, Nicolo. 1986. Medio ambiente en la planificación latinoamericana: vías para una mayor incorporación en La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo. CEPAL/ILPES/PNUMA, Buenos Aires, Argentina, GEL.
- Gobierno del Estado de Puebla. s.f. Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Puebla. Atlixco. México.
- Gómez Aguilar, Roberto. 1970. "Introducción al muestreo". Tesis de Maestría en Ciencias en Estadística. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Gómez, G. 1997. Patrones de cambio en la zona de la presa Marte R. Gómez, Tamaulipas, México, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 35, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 121-135.
- Gómez, V. 1986 "Economía Campesina, Balance y perspectivas" en *Revista Sepia* núm.1, El problema agrario en debate. pp. 23-51 [En línea]. Disponible en: <http://www.sepia.org.pe/>. Consultado el 08 de mayo del 2011
- González de Molina, N. 1992. "Agroecología: Bases Teóricas para una Historia Agraria Alternativa". *AGROECOLOGIA Y DESARROLLO* Revista de CLADES. No.4. <http://www.clades.org/r4-3.htm>
- González Norma y Ángeles Constantino Martha Isabel. 2006. *Compiladoras, Investigación cualitativa como estrategia de conocimiento, intervención y trabajo de las políticas de*

salud: una aproximación desde México y Cuba. Universidad Autónoma del estado de México. pp. 297.

Gordon, K. 1989. El cuestionario y otras formas de información como ayuda en la exploración sobre el terreno. En: Ochoa, M. A. Metodología de la Investigación. Ed. Fondo. UNAM. México. pp. 192-221.

Guerra V. y S. Ochoa. 2006. Evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso del suelo en la reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco 1990-2000, Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 59, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-25.

Günter Mertens, Hans. 1988. Atlixco y las haciendas durante el Porfiriato. Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

Guzmán, E. 2006. Resistencia, permanencia y cambio: estrategias campesinas de vida en el poniente de Morelos, México. Plaza y Valdés.

Harris, R. 1987. "Satellite remote sensing. An introduction", Routledge and Kegan Paul, London.

Hart, D. 1985. Agroecosistemas: conceptos básicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. 160 p.

Heistermann, M., C. Müller y K. Ronneberger. 2006. Land in sight Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling. Agriculture, Ecosystems and Environment, núm. 114, pp. 141-158.

Hernández X. E, R. A. Ramos. 1977. Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. In: Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. Efraím Hernández X ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp:321-334.

- Hester, A.J., Miller, D.R., y Towers, W. 1996. Landscape scale vegetation change in the Cairngorms, Scotland, 1946-1988: implications for land management. *Biological Conservation*, 77: 41-51.
- Hewitt, Cynthia. 1989. *Imágenes del Campo. La interpretación antropológica del México Rural.* El Colegio de México. México D.F.
- Holben, B. N. 1986. Characteristics of maximum value composite image from temporal AVHRR data, *International Journal of Remote Sensing*, no. 7, pp. 1417-1434.
- Houghton, R. A. 1994. "The worldwide extent of land-use change". *Bioscience*. 44: 305-313.
- Hudson, W.D. y C.W. Ramn. 1987. Correct formulation of kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 53, pp. 421-422.
- Hurtado León, Iván y Toro Garrido, Josefina. 2007. *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio: Modelos de conocimiento que rigen los procesos de investigación y los métodos científicos expuestos desde la perspectiva de las Ciencias Sociales.* Ed. CEC, SA. Caracas Venezuela, pp. 167.
- INEGI 1977. *Carta uso del suelo y vegetación a escala 1:50 000*, México.
- INEGI 1983. *Carta Edafológica de Atlixco 1:50, 000.* E14B52.
- INEGI 1990. *Guías para la interpretación de cartografía: edafología*, México,. INEGI 2000. *Síntesis Geográfica del estado de Puebla y anexo cartográfico*, México [cd-rom].
- INEGI-Gob. Del Edo. De Puebla. 1990. *Anuario Estadístico del Estado de Puebla.* México.
- INEGI 1995. *Carta topográfica a escala 1:50 000*, México.
- INEGI 2000a. *Síntesis Geográfica del estado de Puebla y anexo cartográfico*, México [cd-rom].

- INEGI 2001. Anuario estadístico. Puebla. Tomo 1. México, Pag. 416.
- INEGI 2001. Datos Vectoriales. Escala 1:50000.
- INEGI 2001. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario estadístico. Puebla. Tomo 1. México, Pag. 416
- INEGI 2005: Censo de Población y Vivienda.
- INEGI 2010.Censo General de población y vivienda
- INI 2000. INSTITUTO NACIONAL INDIGENISTA. Los pueblos indígenas en la legislación nacional. Recopilación de disposiciones específicas en materia indígena, México, INI, Política Indigenista, 3.
- Iracheta, A. 1997. Planeación y desarrollo: Una visión del futuro. Plaza y Valdés, México, D. F. 261 pp.
- Isaac-Márquez, De Jong y Ochoa-Gaona. 2005. “Estrategias productivas campesinas: Un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México”. Universidad y Ciencia. 2142: 56-72
- ISSS-ISRIC-FAO.1994. Internacional Society of Soil Science-International Soil Reference and Information Centre-Food and Agriculture Organization.Word reference base for soil resources.FAO. Rome, Italy. 161 p.
- Jensen, J.R. 1996. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. 2nd. Ed., Prentice Hall Series in Geographic Information Science, Upper Saddle River, New Jersey.
- Janssen, L.F. Ed. 2000. Principles of Remote Sensing.An introductory textbook. ITC Educational Textbooks Series, Enschede, 170 pp.
- Juppenlatz, M. 1990. “The role of urban surveys in Third World development”.ITC Journal. 4: 352-362.

- Kaimowitz, D. y A. Angelsen.1998. Economic models of tropical deforestation, A Review Center for International Forestry Research, no. 75, pp. 305-315. Malaysia.
- Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., and Turner, B. L. II Eds.. 1995. Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments. United Nations Univ. Press, Tokyo, Japan.588 pp.
- Klages, K.1942. Ecological Crop Geography. New York: MacMillan.
- Kuhn Thomas S. 1997. ¿Cómo evoluciona el conocimiento científico? Ed. Universidad del Valle. Ciudad Universitaria Meléndez. Santiago de Cali. pp. 181.
- Kummer, D. M. and B. L. Turner II. 1994. The human causes of deforestation in Southeast Asia, Bioscience, vol. 445, pp. 323-328.
- Lambin, E. F. 1994.Modelling Deforestations Porcesses.A rewiew. Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellites TREES series: Research Report No. 1. Publicado por la commission Europea, Luxemburgo. 113 pp.
- Lambin, E. F. and Strahler A. 1994. Remotely-sensed indicators of land-cover change for multitemporal change-vector analysis, International Journal of Remote Sensing, vol.15, núm.10, pp.2099-2119.
- Lambin, E. F. 1997. Modelling and monitoring land-cover change process in tropical Regions. Progress in Physical Geography, vol. 213 pp. 375-393.
- Lambin, E. F., Baulies, X, Bockstael, N., Fisher, G. y Krung, T. 1999. Land-use an land cover change LUCC: implementation strategy. IGBP Rep. 48, IHDP Rep. 10, Int. Geosph.

Biosph.Program., Int. Hum. Dimens.Glob. Environ. Change Program., Stockholm. 125 pp.

Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P. S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E. F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P. S., Richards, J. F., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G. D., Svedin, U., Veldkamp, T. A., Vogel, C., and Xu, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11:261-269.

Landa, R., J. Meave and J. Carabias. 1998. Environmental deterioration in rural Mexico: an examination of the concept, *Ecological Applications*, vol. 71, pp. 316-329.

Lara Flores, Sara María. 1996, "Mercado de trabajo rural y organización laboral en el campo mexicano", en C. de Grammont, Hubert, *Neoliberalismo y organización social en el campo mexicano*, Plaza y Valdés. México, p. 73-77.

Lauer, Wilhelm y Eckart Stiehl. 1973. La clasificación del clima en la región de Puebla-Tlaxcala, en *Comunicaciones*, 7, 31-36.

Lee, Hannah, John Carr y Ali Lankerani 1995. Human disturbance and natural hábitat: a biome level analysis of a global data set. *Biodiversity and conservation*, vol. 4, núm. 2, pp.128-155.

Levi, S. 1971. "Acomodación del Territorio en Atlixco, Puebla". Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W.; Chipman, J.W. 2004. *Remote sensing and image interpretation*. Wiley & Sons, 750 pp.

Lillesand, T., R. Kiefer, and J. Chipman. 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6th edition. John Wiley & Sons, United States, NY.

- Lipsett, Sonya. 1987. "Tierra y agua en Puebla colonial", en Revista Encuentro, El Colegio de Jalisco, vol. 5, núm 17, oct.-dic, pp. 87-104.
- Lira, Jorge. 1997. La percepción Remota: nuestros ojos desde el espacio. Editorial. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pp. 151.
- Llambí, L. 1997. Reestructuraciones rurales y globalización. El debate entre economía política y postmodernismo en la sociología rural" en Agricultura y Sociedad. Núm. 84, pp. 325 – 346.
- Lomelí, V. L. 2001, Breve historia de Puebla, Fondo de Cultura Económica, El Colegio de México, México, pp. 430.
- López Vergara, M. L. 1988. Manual de fotogeología 2ª edición. Publicaciones Científicas de la Junta de Energía Nuclear, 306 pp.
- López, E., M. E. Mendoza, G. Bocco, A. Acosta. 2007. "Urban Growth and its Consequences at the Regional Level in the Lake Cuitzeo Basin, México". 105- 125. Sanchez, R. R. y A. Bonilla Editors. 2007. Urbanization, Global Environmental Change, and Sustainable Development in Latin America. IAI, INE, UNEP. São José dos Campos, Brazil. 204 p.
- López, G. E. 1999. Cambio de uso de suelo y crecimiento urbano en la Ciudad de Morelia. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. 2004. Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, vol. 25, pp. 2365-2470.
- Lusch, D.P. 1989. Fundamental considerations for teaching the spectral reflectance characteristics of vegetation, soil and water", en Current Trends in Remote Sensing Education M.D. Nellis, R. Lougeay y K. Lulla, Eds., Geocarto International Centre, Hong Kong.

- Maass, J., P. Balvanera, A. Castillo, G. C. Daily, H. A. Mooney, P. Ehrlich, M. Quesada, A. Miranda, V. J. Jaramillo, F. García-Oliva, A. Martínez-Yrizar, H. Cotler, J. López-Blanco, A. Pérez-Jiménez, A. Búrquez, C. Tinoco, G. Ceballos, L. Barraza, R. Ayala y J. Sarukhán. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* vol.101 pp. 1-27.
- Mahar, D. and R. Scheneider. 1994. "Incentives for tropical deforestation: some examples from Latin America", in Brown, K. and D. Pearce eds., *The causes of tropical deforestation*, University College London Press, London, pp. 56-78.
- Malpica Uribe, Samuel. 1989. *Atlixco: Historia de la clase obrera*. Ed. Colección Histórica. Universidad Autónoma de Puebla.
- Manson, S. 2006. Land use in the southern Yucatán peninsular region of Mexico: Scenarios of population and institutional change. *Computers, Environment and Urban Systems* vol. 30, pp.230-253.
- Martínez, C. R. 2006. *Atributos agroecológicos de sustentabilidad: manejo comparativo indígena y convencional*. 11pp.
- Marzluff, J.M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C. y ZumBrunnen, C 2003 "Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems". *Bioscience* 53:1169–1179.
- Marzluff, J.M.; E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, C. ZumBrunnen, U. Simon. Eds. 2008. *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. 808 p. Edit. Springer.
- Mass, M. 2003. "Principios Generales Sobre Manejo De Ecosistemas". Pp. 117-135. En: Sánchez, O., Vega, E., Peters, E. y Monroy-Vilchis Editores. 2003. *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*. Secretaría de Medio Ambiente y

Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 pp.

Massiris, A. 2006. Políticas Latinoamericanas de Ordenamiento Territorial: realidad y desafíos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja.

McClung de Tapia, E. 1979. Ecología y cultura en Mesoamérica. Serie Antropológica no. 30. 1ª. Edición. México, D. F. UNAM

McGinnis, Michael Vincent. 1999. Bioregionalism, London, Routledge.

McTaggart, Donald. W. 1993. Bioregionalism and Regional Geography: Place, People and Networks. *The Canadian Geographer* 37. no. 4 Pp. 307-19; and Doug Aberley. ed. *Boundaries of Home: Mapping for Local Empowerment* (Gabriola Island, BC, 1993).

Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica, *Interciencia*, núm. 8, pp. 581-589.

Mendoza, Jara, Fernando. 2010. Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de los territorios indígenas de Mayangna Sauni As , Mayangna Sauni Bas , Sikilta, MatungBak/Sauni Arungka, SIPBAA, Layasiksa y el área afectada por el Huracán Félix en 2007 para el período de tiempo 2005 – 2007/08 en los Departamentos de Jinotega y la RAAN, Nicaragua. [Enlínea]<<http://masrenace.wikispaces.com/file/view/Analisis+multitemporal+Cambio+Uso+Suelo.pdf>> [Consulta 10 Septiembre 2011].

Meyer, W. B. and B. L. Turner II. 1992. Human population growth and global land-use/cover change, *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, no. 23, pp. 39-61.

Milesi, C., H. Hashimoto, S.W. Running, and R.R. Nemani. 2005. Climate variability, vegetation productivity and people at risk. *Global and Planetary Change*, vol. 472-4, pp. 221-231.

- Miller, K.R. 1996. En busca de un nuevo equilibrio. Lineamientos para incrementar las oportunidades de conservar la biodiversidad a través del manejo bioregional. Publicaciones del Instituto de Recursos Mundiales. Washington DC, USA. 81 Pp.
- Molina, Isabel C. 1984. “Fotointerpretación de Bosques Manejados”, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Unidad de Ingeniería Forestal y Ecología, Bogotá.
- Montenegro R, 2000. Ecología de los Sistemas Urbanos. Centro de Investigaciones Ambientales. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Mar de la Plata .
- Montenegro, .R. 2001. Biología evolutiva. Editorial. Brujas. 297 p.
- Morán, E. 1993.La ecología humana de los pueblos de la Amazonia. FCE.México.
- Moran, E., Brondízio, E. y VanWey, L. 2005. “Population and Environment in Amazônia: Landscape and Household Dynamics”. Pp. 106-134. In: Entwisle, B., Stern, C. y National Research Council. Editors 2005. Population, Land Use, and Environment: Research Directions. 344 pp.
- Moran, Emilio. F. 1990. The Ecosystem Approach in Anthropology: from concept to practice. 2nd edition, University of Michigan Press.US.496 p.
- Moreno, B. y J. Ros. 2004 “México: las reformas del mercado desde una perspectiva histórica” en CEPAL. Núm. 84, diciembre 2004, pp. 35-57.
- Morin, Edgar. 2007. El método: la naturaleza de la naturaleza. Editorial. Cátedra. España. Pp. 448.
- Morles, Víctor. 2002. Ciencia y Tecnología y sus Métodos: Técnicas de la Ciencia y Ciencia de la Técnica. Caracas.

- Mulhare, Eileen M. 2003. Respetar y confiar: Ideología de género versus comportamiento en una sociedad post nahua. En *El matrimonio en Mesoamérica ayer y hoy. Unas miradas antropológicas*. D. Robichaux, comp. Pp. 267-290. México, D.F.: Universidad Iberoamericana.
- Mumford, Lewis 1938. *The Culture of cities*. Hartford, brace and World, New York. Pp. 453
- Muñoz, R. C.1998. *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A. México, D. F.
- Niclòs Corts, R., M. J. Estrela Navarro., J. A. Valiente Pardo. y M. J. Barberà Bisbal. 2010. Clasificación periódica de coberturas terrestres a escala regional con imágenes MODIS, *GeoFocus*, nº 10, pp. 1-17.
- Nogués Linares, Soledad. 2004. *El futuro de los espacios rurales*. Ed. Santander. Universidad de Cantabria. Pp. 377
- Norgaard, R. y Sikor, T. 1995. Metodología y práctica de la Agroecología. En Altieri, M., *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. CLADES, Santiago de Chile.66-70.
- Norguard, R. B. 1987. "Economics as mechanics and the demise of biological diversity".*Ecological Modelling*. Vol. 38 1-2: 107-121.
- Nutini, Hugo G., y Barry Isaac. 1974. *Los pueblos de habla náhuatl de la región de Puebla y Tlaxcala*. México, D.F.: Instituto Nacional Indigenista.
- Ocampo, Fletes Ignacio. 2004. *Gestión del agua y sustentabilidad de los sistemas de pequeño riego. El caso del canal San Félix, Atlixco, México*. Tesis de Doctorado. Córdoba, España.

- Ochoa-Gaona y González-Espinoza. 2000. "Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, México". *Applied Geography*. 20:17-42
- Odum, E. 1984."Properties of Agro-ecosystems". Lawrence, R. y Col. *Agricultural Ecosystems*. New York: Wiley Interscience.
- Odum, E. P., y Barret, G. W. 2006. *Fundamentos de Ecología*. P. 616. Ed. Thomson International
- Ojima, D. S., Galvin, K. y Turner II, B. L. 1994. "The global impact of land use change". *Bioscience*. 44 5: 300-304.
- Organización Internacional del Trabajo OIT. 2000. Un desarrollo agrícola sostenible en una economía mundializada, Informe para el debate de la Reunión tripartita sobre el logro de un desarrollo agrícola sostenible mediante la modernización de la agricultura y el empleo en una economía mundializada, en Organización Internacional del Trabajo Ginebra.
- Ortiz, Villanueva, Bonifacio y Ortiz, Solorio, Calos Alberto. 1990. *Edafología*. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelos. Séptima edición. Editora. V. A. Gómez Cuevas. Pp. 394
- Palacio Prieto, J. L., M.T. Sánchez Salazar. 2004. Segunda generación de guías metodológicas para la elaboración de planes estatales de Ordenamiento Territorial. Versión final. Convenio específico de colaboración académica SEDESOL/Instituto de Geografía, UNAM México.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velazquéz, J. F. Mas, F. Takakai, A. Victoria, L. Luna González, G. Gómez Rodríguez, J. López García, M. Palma Muñoz, Irma Trejo Vázquez, A. Peralta Higuera, J. Prado-Molina, A. Rodríguez Aguilar, R. Mayorga Saucedo y F. González Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000, *Investigaciones Geográficas*,

Boletín, núm. 43, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 183-203 nota técnica.
Disponible en http://indy2.igeograf.unam.mx/ua_morelia/_private/condicion_actual.pdf.

Palerm, Ángel. 1980. Articulación campesinado-capitalismo: sobre la fórmula M-D-M, In: Ángel Palerm (Ed.). Antropología y Marxismo. Editorial Nueva Imagen. México.

Palerm, Ángel. 1986. Modos de Producción y Formaciones Socioeconómicas. Ediciones Gernika. México.

Paredes Martínez, Carlos. Salvador. 1991. La región de Atlixco, Huaquechula y Tochimilco: la sociedad y la agricultura en el siglo XVI. CIESAS. Fondo de Cultura Económica. Primera Edición.

Paredes Martínez, Carlos Salvador. 1988. Agricultura indígena y cambio social en el Valle de Atlixco, siglo XVI, en José Alberto Vázquez Benítez, comp. Simposium Internacional de Investigación "Atlixco en su entorno", México, Gobierno del Estado de Puebla/ H. Ayuntamiento de Atlixco.

Parsons, Talcott. 1966. La sociedad: perspectivas evolutivas y comparativas. México, Trillas, 1974. Pp. 179.

Pauleit S., R. Ennos and y. Golding.2005. "Modelling the environmental impacts of urban land use and land cover change — a study in Merseyside, UK". Landscape and Urban Planning 71:295–310.

Paz, F., E. Palacios, M. Bolaños, L.A. Palacios, M. Martínez, E. Mejía, y A. Huete. 2007. Diseño de un índice espectral de la vegetación: NDVIcp. Agrociencia 41: 539-554.

Pérez Avilés, Ricardo. 2000. Campesinos, ejido y reforma legal. Efectos y consecuencias en los ejidos del municipio de Atlixco, Puebla 1992-1999. Tesis de Doctorado en Sociología. FCPS-UNAM. México.

- Pérez Avilés, Ricardo. 2000. Mercado de tierras: el caso de San Juan Huiluco, municipio de Huaquechula, región de Atlixco, Estado de Puebla, en Concheiro, L., y R. D. Quintana. Coord., Una perspectiva campesina del mercado de tierras ejidales. Siete estudios de caso. México: UAM.
- Perlman, D. L., & G. Adelson. 1997. Biodiversity: exploring values and priorities in conservation. Ed. Blackwell Science, USA. Pp. 182.
- Pickett, S. T., M. L. Cadenasso, J. M. Grove, C. H. Nilon, R. V. Pouyat, W. C. Zipperer, y R. Costanza. 2001. "Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas". *Annual Review of Ecology and Systematics* . 32:127–57
- Pijanowski, B.; Pithadia, S.; Shellito, B. & Alexandridis, K. 2005. "Calibrating a neural network-based urban change model for two metropolitan areas of the Upper Midwest of the United States". *International Journal of Geographical Information Science*. Nº 19, Vol. 2:197-215.
- Pineda, J. J. B. Sendra, M. Gómez y W. Plata. 2009. "Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación". *Investigaciones Geográficas*. 69: 33-52
- Poiani, K. A., B. D. Richter, M. G. Anderson, & H. E. Richter. 2000. Biodiversity conservation at Multiple Scales: Functional Sites, Landscapes, and Networks. *BioScience*, 50 2: 133-146.
- Priego, Á., H. Cotler, A. Fregoso, N. Luna y C. Enríquez. 2004. La dinámica ambiental de la cuenca Lerma-Chapala, *Gaceta Ecológica*, núm. 71, INE-SEMARNAT, México, pp. 23-38.

- Rappaport, R., A. 1975. "El flujo de energía en una sociedad agrícola". En *Selecciones de Scientific American: Biología y cultura. Introducción a la Antropología biológica y social*. Ed. Hermann Blume. 379-391 pp.
- Rappaport, R., A. 1987. *Cerdos para los antepasados: el ritual en la ecología de un pueblo de Guinea*. Madrid. Siglo XXI regions". *Progress in Physical Geography*. 21 3: 375 - 393.
- Redfield, Robert. 1970. [1941] *The Folk Culture of the Yucatan*. Chicago: University of Chicago Press.
- Redfiel, Robert. 1973. *El mundo primitivo y sus transformaciones*, México, FCE.
- Reed, B. C., J. F. Brown, D. VanderZee, T. R. Loveland, J. W. Merchant and D. O. Ohlen. 1994. *Mesuring phonological variability from satellite*, *Journal of Vegetation Sciencie*, no. 5, pp. 703-714.
- Relph, E. 1981. *Rational Landscapes and Humanistic Geography*. Totowa, NJ: Barnes and Noble.
- Rencz, A.N. 1999. *Remote Sensing for the Earth Sciences*. Wiley & Sons 3ª edición, 707pp.
- Ree, F. y Folke, C. 1993. "A Systems Perspective on the Interrelationships Between Natural, Human-Made and Cultural Capital". *Ecological Economics*. 5:1-8.
- Ress, William. E. 1995. *Nuestra Huella Ecológica: reduciendo el impacto humano sobrelatierra*. [Enlínea] <[http://books.google.com.mx/books?id=ljpRXhe5pygC&dq=Ree s+La+Huella+Ecológica&printsec=frontcover&source=bn&hl=es&ei=m_AvSp6-H5qytAP6heDXCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4#PPP1,M1](http://books.google.com.mx/books?id=ljpRXhe5pygC&dq=Ree+s+La+Huella+Ecológica&printsec=frontcover&source=bn&hl=es&ei=m_AvSp6-H5qytAP6heDXCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4#PPP1,M1)> [Consulta 5 Junio 2009]
- Restrepo, A. 2005. *Los sedimentos del río Magdalena: reflejo de la crisis ambiental*. Fondo Editorial Universidad EAFIT. 267 pp.

- Reyes, H., M. Aguilar, J. R. Aguirre e I. Trejo. 2006. Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000, Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 59, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 26-42.
- Richards, J.A. 1986. Remote sensing digital image analysis. An introduction. Springer-Verlag, 281 pp.
- Rindfuss, R.R., Walsh, S.J., Turner II, B.L., Fox, J., Mishra, V. 2004. Developing a science of land change: challenges and methodological issues. Proceedings of the National Academy of Science 101939: 13976-13981.
- Rojas Rabiela, Teresa y William T. Sanders. 1985. "Historia de la agricultura". Época prehispánica-siglo XVI, vol. 2. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Biblioteca del INAH. México.
- Rojas, Teresa. 1991. La agricultura en tierras mexicanas desde los orígenes hasta nuestros días. México, 1ª edición, Editorial Grijalbo. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes México.
- Romero, E., F. Paz, E. Palacios, M. Bolaños, R. Valdez, y A. Aldrete. 2009. Diseño de un índice espectral de la vegetación desde una perspectiva conjunta de los patrones exponenciales y lineales del crecimiento. *Agrociencia* 433:291-307.
- Rosenzweig, Fernando. 1965. El comercio exterior en la república restaurada y el Porfiriato, en Daniel Cosío Villegar, *Historia Moderna de México*, México. Editorial Hermes.
- Rosete, F. y G., Bocco. 2003. "Los Sistemas de Información Geográfica y la Percepción Remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales". *Gaceta Ecológica*. 68: 43-54.

- Rosete, F., J. L., Pérez y G. Bocco. 2009. "Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación 1978-2000 en la Península de Baja California, México". *Investigación ambiental*. 11: 70-82
- Rozzi, R., R. Primack, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación? En R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. San miguel, Maxi, Toral, Raúl y Eiguéluz, Víctor. 2004. "Redes complejas en la dinámica social" en *INGURUAK, Revista vasca de Sociología y Ciencia Política*.
- Rubio, B. 2006 "Voces de la desesperanza: la desestructuración alimentaria en México 1994-2004" en *Gaceta Laboral*. Abril, vol. 12, núm. 1, enero-abril 2006, pp.69-89.
- Rueda, S. 1999. "La ciudad en tránsito hacia el futuro". *Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos*. 49:70-7.
- Sabino, Carlos 1996. *Los caminos de la Ciencia*. Bogotá, Colombia. Panamericana. pp. 319.
- Sabins, F.F. 1997. *Remote sensing: principles and interpretation*. W.H. Freeman & Company, 494 pp.
- Sala, O. E., F. S. Chapin III, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Money, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker & D. N. Wall. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *SCIENCE*, 287: 1770-1774.
- Sánchez-Salazar, M. T. y J. L. Palacio-Prieto Colaborador: J. M. Casado Izquierdo. 2004. "La experiencia mexicana en la elaboración de los Programas Estatales de Ordenamiento Territorial. Diagnóstico, problemática y perspectivas desde el punto de vista de la participación del Instituto de Geografía de la UNAM". *Investigaciones Geográficas*. Boletín. Num. 53. Instituto de Geografía, UNAM. México. Pp. 75-97.

- Sandoval Forero, Eduardo A. 1996, Grupos Etnolingüísticos en el México del siglo XXI. Universidad Autónoma del Estado de México, Insumisos Latinoamericanos. Red de investigadores Latinoamericanos por la democracia y la paz. [En línea]. Disponible en: <http://www.insumisos.com/lecturasinsumisas/poblacion%20indigena.pdf> Consultado el 10 de julio del 2011.
- Saravia, A. 1983. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. Editorial IICA.
- Saunders, R. W. and K. T. Kriebel. 1991. An improved method for detecting clear sky and vegetation types in the 8-14 um wave band: analysis of two field methods, *Remote Sensing of Environment*, no. 59, pp. 490-521.
- Schejtman, Alejandro. 1980. Economía campesina: Lógica interna, articulación y persistencia. Revista de la CEPAL número 11.
- Schteingart, M. 2000. “Aspectos conceptuales y metodológicos en estudios urbano-ambientales”. Estudios Demográficos y Urbanos. Vol. 15, no. 2 44:233-252.
- Secretaría de la Reforma Agraria. 2002 “Programa sectorial agrario 2001– 2006” Diario Oficial de la Federación, pp. 123. Consultado el 20 de enero del 2011 .
- SER. 2004. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. Natural capital and Ecological Restoration. An occasional paper of the SER. Science and Policy Working Group.
- Shannon, C.E. y Weaver, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Shao, J., Ni Jiupai, Wei Chaofu, Xie Deti. 2005. “Land use change and its corresponding ecological responses: a review”. *Journal of Geographical Sciences*. 15 3: 305-328.

- Shunt, W.1993. “Algunas reflexiones en torno a la ecología y el urbanismo”. *Historia y Ecología: Ayer*. 11: 171-188
- Singh, A. 1998. Digital Change detection techniques using remotely-sensed data, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 10, no. 6, pp. 989-1003.
- Skole, D. L., H. Chomentowski, W. A. Salas and A. D. Nobre. 1994. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia, *Bioscience*, vol. 44, no. 5, pp. 314-322.
- Smith, J. K. & Heshusius, L. 1986. Classing down the conversation: The end of the quantitative-qualitative debate among educational inquirers. *Educational research*, 15 1, 35-45
- .
SNIM Sistema Nacional de Información Municipal. 1990. [En línea]. Disponible en: http://www.rami.gob.mx/snim/fichabasica.php?t=mun_poblacion Consultado el 10 de julio del 2011.
- Sobrino, J.A., Jimenez Muñoz, J.C., Zarco Tejada, P.J., Sepulcre-Cantó, G. And de Miguel, E. 2006. Land surface temperature derived from airborne hyperspectral scanner thermal infrared data. *Remote Sensing of Environment*, 102, pp. 99–115.
- Sobrino, José. 2000. Teledetección. Pag. 135.
- Soria, R. J., C. Ortiz, F. Islas y V. Volke. 1998. “Sensores Remotos, Principios y Aplicaciones en la Evaluación de los Recursos Naturales. Experiencias en México”. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial 7*. Chapingo, México. 93 p.
- Steward, J. 1936. “The Economic and Social Basis of Primitive Bands”. En R. Lowie Comp.. *Essay in Antropology presented to A. L. Kroeber*. Berkeley, University of California Press.

- Stholgren, T.J., Chase, T.N., Pielke, R.A., Kittel, T.G.F., y Baron, J.S. 1998. Evidence that local land use practices influence regional climate, vegetation and stream flow patterns in adjacent natural areas. *Global Change Biology*, 4: 495-504.
- Stockli, R. y P. I. Vidale. 2004. European Plant Phenology and Climate as Seen in a 20-year AVHRR Land-Surface Parameter Dataset, *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 25-17: 3303-3330.
- Sutton, B. y Harmon, P. 1987. *Fundamentos de Ecología*. Edit. Limusa. 293 pp.
- Thrift, N. 1991. For a new regional geography 2. *Progress in Human Geography*, vol. 154, pp. 456-465.
- Tischler, W. 1965. *Agroökologie*. Jene: Eustan Fisher.
- Toledo Víctor Manuel. 1988. La sociedad rural, los campesinos y la cuestión ecológica. El colegio de Michoacan. Pp. 552.
- Tso, Brandt y Mather, P. 2001. *Classification Methods for Sensed Data, Second Edition*, Ed. Taylor & Francis Group –New York. 376 p.
- Tricart, J., Kilian, J. (1982) *La eco-geografía y la ordenación del territorio*. Barcelona. Anagrama [En línea]. <<http://ddd.uab.cat/pub/dag/02121573n3p209.pdf>> [Consulta 03 de Agosto 2011]
- Tomlinson (1967) “una aplicación informática cuyo objetivo es desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada”
- Tucker, C. J. 1979. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing Environ.* 8: 127-150.

- Turner II BL, Skole D., Sanderson, S., Fischer, G., Fresco L. y Leemans R. 1995. "Land-Use and Land-Cover change. Science/Research Plan". IGBP Report No. 35, HDP Report No. 7, Stockholm and Geneva. 132 pp.
- Theobald y Hobbs, 1998; Weng, 2002. [En línea]
<http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s071834022006000200004&script=sci_arttext>
[Consultada 03 de Agosto 2011]
- Turner, D., Wear, D. y Flamm, R. 1996. "Land ownership and land-cover change in the southern Appalachian Highlands and the Olympic Peninsula". *Ecological Applications*. 64: 1150-1172.
- Van Zuidam, R.A. 1986. *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Smits Publishers, The Hague, 442 pp.
- Velázquez, A. J. F. Mas, J. R. Díaz, R. Mayorga, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra, J. L. Palacio. 2002. "Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México". *Gaceta Ecológica*. 62: 21-37
- Velázquez, A. y G. Bocco. 2003. "Ecología del paisaje y su potencial para acciones de conservación de ecosistemas templados de montaña". En: Sánchez, O., Vega, E., Peters, E. y Monroy-Vilchis Editores. 2003. *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 pp.
- Velázquez, A., J.F. Mas y J.L., Palacio, 2002a. Análisis del cambio de uso del suelo. Informe Técnico. INE-IG UNAM. [En línea]<http://www.ine.gob.mx> [consultada el día 20 octubre 2010].

- Velázquez, A., J.-F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P.C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México, *Gaceta Ecológica*, núm. 62, INE-SEMARNAT, pp. 21-38.
- Verstraete, M. M., and B. Pinty. 1996. Designing optical spectral indexes for remote sensing applications. *IEEE transactions in Geoscience and Remote Sensing* 34: 1254-1265.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., and Melillo, J. M. 1997., Human domination of earth's ecosystems. *Science* 277:494-499.
- Warman, Arturo. 1972. Los campesinos, hijos predilectos del régimen, México, *Nuestro Tiempo*.
- Warman, Arturo. 1978. Indios y naciones del indigenismo. Publicado en revista *Nexos* No. 2 [En línea] <http://www.catedrawarman.org/articulos/1978_indios_naciones_indigenismo.pdf> [Consultada 03 de Agosto 2011].
- Warman, Arturo. 1980. Ensayos sobre el campesinado en México, México, Nueva Imagen.
- Warman, Arturo. 2003. Los indios mexicanos en el umbral del milenio, México, FCE. Pp. 320.
- Walker, B. H. y S. J. Turner. 1990. Non-modeling Research Requirements for Understanding, Predicting and Monitoring Global Change, *Global Change Report*. 11: 23-50.
- Welti Chanes, Carlos. 1987. Población y desarrollo en el siglo XIX en el estado de Puebla, Puebla de la Colonia a la Revolución. Estudios de historia regional. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales del Instituto de Ciencias de la UAP, Puebla.
- Werner, G. 1978. Mapa de Suelos del Valle Puebla-Tlaxcala. Proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica. México.

- White, I. D., Mottershead, D. N. y Harrison, S. J. 1995. Environmental Systems. An Introductory Text. Chapman & Hall. University of Stirling. P. 632
- Wolf, Eric R. 1955. The Types of Latin American Peasantry. American Anthropologist. Vol. 57. Pp. 452-471.
- Wong González, Pablo. 2001. Fundamentos teórico-conceptuales del desarrollo regional sustentable. En: D. Arredondo y P. Salido coords.. La economía sonorensis y sus regiones. Editorial UNISON, Hermosillo, Sonora, México. Pp. 291-323
- Zavala, Silvio Arturo. 1982. Una etapa en la construcción de la catedral de México, alrededor de 1585. México: El Colegio de México, Centro de Estudios Históricos.
- Zhenkul, M. 1995. Tau Coefficients for Accuracy Assessment of Classification of Remote Sensing Data. En Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. vol 61, nº 4, pp 435-439.
- Zimmerer, K. S., & K. R. Young. 1998. Nature's Geography: new lessons for conservation in developing countries. The University of Wisconsin Press. USA, pp. 3-34.
- Zorrilla, L. 2003. "El sector rural mexicano a fines del siglo XX" en Comercio exterior. Vol. 53, núm. 1 enero 2003, pp. 74-86

Estimado productor el presente cuestionario tiene la finalidad de conocer la transformación en el uso del suelo a lo largo de 30 años (1977-2007), por tal motivo la información que usted proporcione será manejada de manera confidencial y sólo con fines académicos.

I. DATOS PERSONALES

1. Lugar: 1) San Pedro Benito Juárez 2) Nexatengo

2. Nombre del entrevistado: _____

3. Fecha: _____ Hora de inicio: _____ Hora de término: _____

4. Edad: _____

5. Sexo: 1) Masculino 2) Femenino

6. ¿Habla usted alguna lengua indígena? 1) Si 2) No ¿cuál? _____

7. ¿Cuál es su estado civil?

1) Soltero 2) Casado 3) Unido 4) separado o divorciado 5) Viudo

8. ¿Cuál fue el último año de escuela que usted curso?

1) 0 2) 1-6 3) 7-9 4) 9-12 5) Otro especifique _____

9. ¿Actualmente se dedica a la actividad agrícola? 1) SI 2) NO especifique _____

10. ¿Desde cuándo cultiva su tierra?: _____

11. ¿Cómo obtuvo su tierra? 1) Comprada 2) Herencia 3) Otro _____

12. Tenencia de la tierra

1) Ejido 2) Privada 3) Comunal 4) Mixta 5) Prestada 6) Rentada 7) Otro _____

13. ¿Sabe usted de algún programa de gobierno para el campo, agrícola, ganadería u otro?

1) Si 2) No 3) ¿Cuál? _____

14. ¿Recibe apoyo por parte de algún programa gubernamental?

1) Si 2) No ¿Qué programa? _____

15. ¿Qué tipo de apoyo?

1) Económico 2) Semillas 3) Fertilizante 4) Asistencia técnica 5) Animales o pie de cría 6) Otro _____

16. ¿Cuántas hectáreas de tierra tiene? _____

17. ¿Cuáles son los principales cultivos que usted siembra? 1) Maíz 2) Trigo 3) Otro _____

18. ¿Cuál es su rendimiento? _____

19. ¿Ha disminuido o aumentado su rendimiento en los últimos 10 años a más? 1) Disminuido 2) Aumentado

20. ¿Desde que año? _____

21. ¿Cultiva en todas las hectáreas que tiene de tierra? 1) Si 2) No

22. ¿Por qué nada más cultiva esa extensión de tierra? _____

23. Realizar un dibujo en donde el entrevistado plasme de una manera geográfica la región en donde tiene sus tierras su distribución y que tipo de cultivo siembra en cada predio.

24. ¿Tiene toda la tierra junta? 1) Si 2) No

25. ¿Cuántas parcelas tiene divididas? _____

26. ¿Tiene otro ingreso a parte de la agricultura? 1) Si 2) No

27. ¿A qué se dedica? _____ ¿Desde cuándo? _____

28. ¿Por qué sigue usted dedicándose al campo? _____

29. ¿El ingreso obtenido de su parcela es suficiente para satisfacer sus necesidades familiares? 1) Si 2) No

30. ¿Cuándo ya no pueda cultivar sus tierras quien lo hará? 1) Hij@ 2) Niet@ 3) Herman@ 4) Otro _____

31. ¿Estaría dispuesto a vender sus tierras? 1) Si 2) No ¿Por qué? _____

ACTITUD HACIA EL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO (SOCIAL)

33. ¿Considera que las organizaciones campesinas han colaborado en el cambio de uso del suelo?

1) Si 2) No ¿En qué sentido? _____

34. ¿Considera que la secretaria de la reforma agraria ha colaborado en el cambio de uso del suelo?

1) Si 2) No ¿En qué sentido? _____

35. ¿La gestión de apoyos al campo permite que sigan dedicándose a la actividad agrícola?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

36. ¿Pertenece a alguna asociación campesina?

1) Si 2) No ¿Cuál? _____

37. ¿Esta organización campesina le permite seguir dedicándose a la agricultura?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

38. ¿Se siente satisfecho siendo productor?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

39. ¿Qué problema considera que ha sido la causa principal para dejar la actividad agrícola?

40. ¿Por qué han cambiado los tipos de cultivos?

1) Rentabilidad 2) Plagas y enfermedades 3) Fertilidad del suelo 4) Falta de riego 5) Programas de gobierno

6) Otros _____

41. ¿El cultivo actual le ha permitido tener mejores ingresos?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

42. ¿Desde su punto de vista porque cree usted que ha habido un cambio de uso del suelo?

43. ¿Considera que la repartición de tierra por herencia ha influido en la disminución de los recursos naturales y en el cambio de uso del suelo?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

44. ¿Considera que el crecimiento urbano ha influido en la disminución de los recursos naturales y en el cambio de uso del suelo?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

45. ¿Considera que las políticas de desarrollo han generado el crecimiento urbano de los últimos 30 años?

1) Si 2) No ¿En qué sentido? _____

46. ¿Considera que el gobierno ha fomentado programas de conservación de los recursos naturales?

1) Si 2) No ¿Cuáles? _____

ACTITUD HACIA EL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO (Ambiental)

47. ¿Desde su punto de vista la naturaleza es más importante que el dinero?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

48. ¿La conservación de la naturaleza es importante para la agricultura?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

49. ¿El uso de agroquímicos contribuye en el cambio de uso del suelo?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

50. ¿Su cultivo disminuye la fertilidad del suelo?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

51. ¿Si se le pagaran para cuidar y conservar los recursos naturales aceptaría?

1) Si 2) No ¿Por qué? _____

Observaciones: _____
