

Dos mapas comparados. La transformación del uso de suelo y vegetación de Cuetzalan, Puebla 1979-2009

Matamoros León, Nestor Hugo

2019-06-10

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/4241>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto
Presidencial del 3 de abril de 1981



DOS MAPAS COMPARADOS. LA TRANSFORMACIÓN DEL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DE CUETZALAN, PUEBLA 1979-2009

DIRECTOR DEL TRABAJO
DRA. EMMA REGINA MORALES GARCÍA DE ALBA

ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE CASO
que para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN ESTUDIOS REGIONALES EN MEDIO AMBIENTE Y
DESARROLLO

Presenta

NESTOR HUGO MATAMOROS LEON

Puebla, Pue.

2019

Estudio de Caso:

“Dos mapas comparados. Transformación del uso de suelo y vegetación de Cuetzalan, Puebla, 1979-2009”

Trabajo de Titulación.

Néstor Hugo Matamoros León

Alumno de la Maestría en Estudios Regionales, Medio Ambiente y Desarrollo.

“El valor y la utilidad de cualquier experimento se determinan por la aptitud del material para el propósito para el que se utiliza, ... y de qué manera tal experimento se lleva a cabo”. Gregor Johann Mendel
(1822-1884)

INDICE

Dos mapas comparados	2
Objetivos	2
El Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales (CUPREDER)	3
Descripción general y relevante del entorno	5
Descripción del área disciplinar para abordar el proyecto	8
El problema que resolver	10
Aprendizaje alcanzado	10
Ejecución del proyecto	13
Descripción del proyecto	13
Sistema de clasificación de la vegetación y usos del suelo utilizados	33
Leyenda y símbolos utilizados	37
Resultados	41
Conclusiones	55
Bibliografía	56
Anexo	59

DOS MAPAS COMPARADOS. TRANSFORMACIÓN DEL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DE CUETZALAN, PUEBLA, 1979-2009

En junio de 2009, el Ing. Carlos Tovar del Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales (*Cupreder*) estableció comunicación con el Biól. Néstor Matamoros, especialista del INEGI en la elaboración de mapas de recursos naturales; el motivo plantearle la elaboración de dos mapas de escala 1:20,000 de uso del suelo y vegetación de los años 1979 y 2009 respectivamente, de cuya comparación se genera un tercer mapa para la subcuenca hidrográfica que incluye el municipio de Cuetzalan del Progreso del estado de Puebla. Los resultados plasmados en este último, son la base para la propuesta de Ordenamiento Territorial del municipio. Por lo que, la pregunta que conduce este trabajo es *¿cómo hacer el mapa comparativo 1979 vs-2009 de Uso del suelo y vegetación de Cuetzalan, de tal forma que refleje las tendencias de cambio requeridas en un ordenamiento territorial, empleando sistemas de información geográficos?*

OBJETIVOS

Se tiene como *objetivo principal* comparar entre si dos mapas de uso del suelo y vegetación: uno correspondiente al año 1979 y otro de 2009, para lo cual una vez digitalizados, se utiliza la función de entrecruzamiento de un sistema de Información Geográfica (en este caso el software Idrisi 32 release de la Clark University) con la finalidad de calificar y cuantificar –e. i. tipificar- los cambios observados entre el promedio de tiempo que separa los insumos de ambos mapas: 30 años.

El *objetivo secundario* es generar dos mapas a escala 1:20,000, que muestren la distribución, estado actual de la vegetación y uso del suelo de las microcuencas asociadas al Municipio de Cuetzalan, Puebla. La elaboración de dichos mapas se hace mediante verificación de campo y métodos de interpretación de imágenes obtenidas por sensores remotos, a saber:

- a) Fotografías tomadas por INEGI (DGGTENAL) entre abril 1979 a noviembre de 1980 para el Mapa 1979, de escala original 1:80,000, en formatos de 23x23 cm.
- b) Imágenes satelitales Spot del 25 abril 2007, 31 agosto 2008, 17 abril 2006, 15 febrero 2008, consultadas vía internet en Google Earth, con resolución entre 10 y 2.5 m.

Estos dos últimos conforman la base para generar el mapa comparado que constituye el eje del estudio.

EL CENTRO UNIVERSITARIO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES REGIONALES (Cupreder)

Perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), las oficinas del Cupreder se ubican en el centro de la Ciudad de Puebla de Zaragoza, en la Calle 4 Sur 303, CP 72000 con teléfono 01 222 229 5500 Ext. 5230, fue fundada en 1995, como reacción de las autoridades universitarias a la reactivación de fumarolas en el Volcán Popocatepetl, que cinco años después tuvo un evento de erupción incandescente y espectacular. El Cupreder es un pequeño organismo conformado por 13 investigadores (ver fotografía 1) de las disciplinas socioculturales, económicas, ordenación del territorio, ingeniería, sistemas de información geográfica y del medio natural, más apegadas a la prevención de desastres, pero que realiza también investigación y desarrollo de propuestas en beneficio a las comunidades dedicadas a la agroforestería, así como el cuidado de las especies menores, enmarcadas como Ordenamientos ecológicos o territoriales con el análisis de riesgos frente amenazas de diferentes agentes perturbadores, en los cuales es muy importante y tomado en cuenta el intercambio de saberes con los habitantes de las comunidades con las cuales establece acuerdos de colaboración; es así que el resultado es sobresaliente en cuanto a la riqueza no solo referida al saber hacer en el sentido amplio, sino además a la espiritualidad y valores que los pueblos indígenas (como el caso de Cuetzalan) poseen.

En palabras del propio Cupreder (2018a) sus funciones están enmarcadas en los rubros siguientes: *“Las funciones del centro son estudiar los procesos que generan los desastres y las experiencias calamitosas ocurridas en la región, el país y el mundo, con el objeto de brindar alternativas para mitigarlos.*

Son también el ofrecer mecanismos para enfrentar las emergencias frente a desastres, divulgar a través de los medios necesarios la problemática relacionada, y proponer soluciones estructurales para evitar la construcción de riesgos.

El Cupreder investiga además la problemática de la relación entre medio ambiente, generación de riesgos, territorio y sociedad, y propone soluciones en la forma de herramientas de ordenamiento integral del territorio.

El Cupreder despliega sus propias capacidades, pero reúne las que cuenta la BUAP y otras instituciones académicas, sociales, económicas o culturales que permitan la consecución de los fines planteados”.

El Cupreder, ha realizado diversas propuestas relacionadas con el rubro de la planeación u ordenamiento territorial, la primera proviene de los primeros años de su fundación, se trata del “Programa de Ordenamiento Ecológico y por Riesgo Eruptivo del volcán Popocatepetl y su zona de influencia” (Gaceta del Gobierno del Estado de México, 2007) promovido por la SEMARNAT durante el sexenio 2007-2012, aunque mayormente desarrollado en el anterior. Éste programa consideró dos vertientes de información, una el diagnóstico eruptivo y otro de cambios de uso del

suelo y vegetación a escala 1:50,000, realizado por el INEGI en su ámbito regional oriente en Puebla (Gaceta del Gobierno del Estado de México, 2007:3).

Por otro lado, en su inicio el área geográfica de INEGI, anteriormente conocido como CETENAL (Comisión Nacional de Estudios del Territorio Nacional), elaboró cartografía a escala 1:50,000 desde 1968, sin embargo hacia el año 1981 la dejó de producir después de cubrir, aproximadamente el 50% del territorio nacional con metodologías que no corresponden a las actuales. Desde los ochentas, la disponibilidad cartográfica a nivel nacional corresponde a las escalas 1:1,000,000 y 1:250,000, incluso hasta el presente (2019). Así que el mapa de escala 1:50,000 constituyó el primer mapa de cambios de uso realizado en una escala que era la más grande posible de acuerdo a los recursos tecnológicos y presupuestales de esa época. El desarrollo de este mapa fue delegado, en INEGI al autor de este trabajo, Biól. Matamoros León, y aunque se publicó hasta 2007, se concluyó en 2002.

El propósito del estudio de caso es entregar al CUPREDER cartografía que muestre datos consistentes del uso del suelo y vegetación para implementar el programa de ordenamiento territorial del municipio. Debe entenderse por ordenamiento un conjunto de propuestas principalmente agropecuarias y forestales, tanto de explotación como de conservación que conlleven a la sustentabilidad de los recursos naturales.

Es muy pertinente aclarar que en el presente trabajo sólo se plantea el desarrollo del mapa de cambios de uso del suelo y vegetación, de los años 1979 y 2009, a través de la tabulación cruzada, y no un estudio de “Ordenamiento” ecológico o territorial, ya que, como es evidente, desde el punto de vista logístico, se plantean a partir del análisis de los medios social, económico, natural y político.

Se considera que el mapa de cambios de uso resultó para los investigadores del Cupreder un mapa “básico”, como parte del diagnóstico del medio natural, y al paso de sus 24 años lo ha seguido utilizado en otros estudios municipales como: (1) Ordenamiento Ecológico del municipio de Tecamachalco, Puebla, (2) Ordenamiento Integral del municipio de Cuetzalan, Puebla -descrito en este trabajo. (3) Ordenamiento Ecológico Territorial de Cuauhtinchán, Puebla, (4) Programa de Ordenamiento del municipio de Puebla y (5) Ordenamiento Integral del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.



Fotografía 1.
Investigadores
del Cupreder.
(Cupreder
2018b)

DESCRIPCIÓN GENERAL Y RELEVANTE DEL ENTORNO

- **Aspectos relevantes del área de estudio**

Existen algunos documentos para la revisión general, desde el punto de vista descriptivo, que son fácilmente accesibles a través de la red, uno de ellos es el “Cuaderno Estadístico Municipal de Cuetzalan del Progreso” (INEGI, 1996), otro es la “Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México”, adscrita al Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal de la Secretaría de Gobernación (2018). El Gobierno del Estado de Puebla también tiene una página para la consulta de sus municipios, es por ello que en los próximos párrafos se comentan más bien aspectos relevantes que tienen que ver con este trabajo.

Cuetzalan del Progreso ha sido ampliamente estudiado. La belleza paisajística dominada por una serranía con inclinaciones pronunciadas de sus formaciones rocosas, predominantemente sedimentarias, donde llueve 4134 mm promedio anual (ver tabla 1) y la posición altitudinal y latitudinal favorecen las condiciones boscosas más espectaculares por su diversidad y complejidad. Así investigadores de diversas instituciones como la UNAM, CONABIO, BUAP, por citar algunas, han realizado estudios acerca de su riqueza florística, faunística, pedológica, geológica.

Hay que agregar que Cuetzalan es un centro indígena, en el que dominan habitantes de habla náhuatl y, en un menor porcentaje, totonaca. Habitantes que hoy en día conservan y aplican su riqueza espiritual y cultural, lo que ha llevado a un “Modelo Tradicional Productivo” notable, con características sustentables, con una gran diversidad de cultivos definidos como “*Kuojtakiloyan*” y que corresponde, en este estudio, al “Policultivo arbóreo” o “Jardín de Café” (Tosepan, 2018: párr. 7).

Se trata también de un lugar turístico, fue uno de los primeros municipios en adquirir la denominación de “Pueblo mágico”; mantiene tradiciones indígenas como su vestimenta y danzas folclóricas. Posee cascadas, ruinas arqueológicas

importantes, principalmente “Yohualichán” y edificios arquitectónicos emblemáticos. Su templo más concurrido es católico y tiene grabado a los lados de su altar la oración “por la naturaleza” escrita por San Francisco de Asís, lo cual pone de manifiesto que esta población posee una cultura muy arraigada de protección a la naturaleza.

En Cuetzalan también se encuentra una importante organización, la “Tosepan Titataniske”, que surgió en 1977 para enfrentar a los comerciantes que les vendían el azúcar con ganancias muy por encima de la media. Hoy es una organización que de alguna manera mantiene una concentración considerable de la producción del café, pimienta y miel virgen de la región, bajo un principio que a la letra dice: “[se ha de procurar una] agricultura de calidad, amigable con la naturaleza, saludable para los consumidores, económicamente rentable y socialmente justa, la Cooperativa ha incursionado en los mercados Orgánico y Comercio Justo”. (Tosepan, 2018: párr. 6). Actualmente, esta organización tiene reconocimiento internacional y exporta sus productos a Japón Alemania y Holanda.

• Aspectos físicos generales del área de estudio.

El área de estudio se encuentra comprendida (de acuerdo a las curvas de nivel) entre las altitudes que van desde los 80 hasta 2000 msnm, ubicada en su mayor parte en la Sierra Madre Oriental –Regionalmente Sierra Norte de Puebla-, con las características geológicas del Karso Huasteco y geomorfológicas –alta y Escarpada-. Sus rocas son marinas Cretácicas, en especial Calizas, seguidas en menor grado de Lutitas, y en muy baja cantidad Limonitas y Areniscas. Ocupando una menor extensión al sur se trata del Eje Neovolcánico con rocas Cuaternarias –Tobas ácidas- y suelos Cambisoles y al norte de la Llanura Costera con Regosoles.

La mayor parte de sus suelos son delgados –Leptosuelos- sobresaliendo de ellos las Rendzinas, y en menor grado los Luvisoles que están en posiciones topográficas más estables.

Climáticamente se trata de una zona mayormente Subtropical húmeda, con temperaturas medias anuales entre 16 y 22°C, sobresaliendo sus precipitaciones anuales que están entre 1800 a más de 4000 mm., por lo cual es, junto con algunas zonas del norte de Chiapas una de las regiones más lluviosas de México, esta gran cantidad de precipitación está directamente influenciada por dos sistemas que llevan agua a la zona: los Nortes y los Huracanes. (Tabla 1)

CLAVE Y ESTADO	ESTACION. (Altitud)	COORD.	TMA.PT.	TIPO DE CLIMA	
30-088. VERACRUZ	PAPANTLA DE OLARTE (298 m)	20°27' 97°19'	T P	24°C 1169 mm	Aw"1(e)
21-026 PUEBLA	CUETZALAN DEL PROGRESO (980 m)	20°1' 97°31'	T P	20.3°C 4134 mm	(A)Ca(fm)(e)gw
21-069 PUEBLA	SAN JUAN APULCO (1496 m)	19°57' 97°35'	T P	16.4°C 1769 mm	Cb(fm)(i)w"
21-101 PUEBLA	ZACAPOAXTLA (2045 m)	19°52' 97°35'	T P	15.6°C 1389 mm	Cbm(f)(e)gw"
21-143 PUEBLA	PRESA LA SOLEDAD (816 m)	19°42' 97°32'	T P	19.8°C 3306 mm	(A)Ca(fm)(e)
21-719 PUEBLA	TLATLAUQUI (2025 m)	19°51' 97°29'	T P	15.2°C 1254 mm	Cbm(f)(i)gw"

Tabla 1. Datos significativos de las estaciones meteorológicas en la zona de estudio (Enriqueta García, 1981)

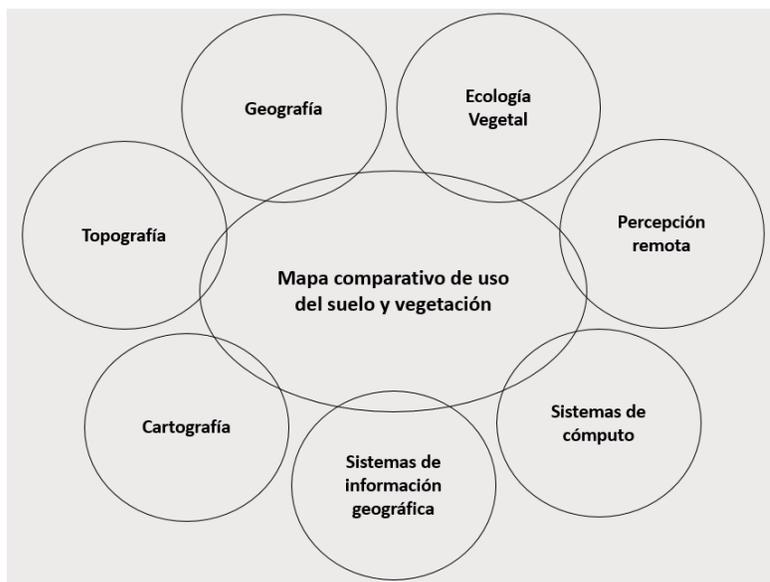
Las propiedades del medio físico favorecen condiciones bióticas importantes, en menor proporción a menor altitud de Selvas Medianas Subperennifolias; cubriendo la mayor parte del área el Bosque Mesófilo de Montaña, y a mayor altitud Bosque de Coníferas y Encino.

El Bosque Mesófilo de Montaña es la comunidad vegetal más importante, no solo por el clima sino también por el marco montañoso de esta región. El fondo de éstas barrancas (200-400 m) es necesariamente más cálida y los vientos ascendentes propician que “ecotonalmente” en las crestas altas (800-1000) se dé un cambio climático favorable para las plantas que pueden soportar una temperatura semi-templada casi con ausencia de heladas, mismas que si se dan no son tan dañinas al ser húmedas (acá está el café de altura) y luego a mayor altitud, más en especial sobre los 1500 m si se dan las heladas, incluso las nevadas -siempre esporádicas, mas no raras- para delimitar el bosque más alto mayormente asociado a neblinas. La profunda transformación de estas zonas dificulta su delimitación de ahí que quedara englobada bajo un solo término el de Bosque Mesófilo de Montaña.

Efectivamente llueve mucho y casi todo el año y, por lo tanto, a corta distancia una vez que pierden su influencia los vientos húmedos se generan hacia adentro del continente una “sombra de lluvia” bastante contrastante por su aridez; más alta y plana, -El Altiplano-, incluso en la misma sierra, pero a sotavento, como ocurre en Zautla, Pue. cercano a una veintena de kilómetros es un sitio árido con lluvias de apenas 400 mm estacionales (Enriqueta García, 1981).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DISCIPLINAR PARA ABORDAR EL PROYECTO.

La realización de un mapa comparativo de Uso del suelo y vegetación en dos períodos de tiempo y su comparación respectiva requiere la participación de varias especialidades citadas en el esquema 1.



Esquema 1. Rubros de conocimientos involucrados en la realización de un mapa comparativo de uso del suelo y vegetación. (Autor)

Por supuesto, no se trata de conocer a fondo los conocimientos indicados en el esquema 1, pero resulta indispensable que cada uno aporte de acuerdo a su formación, lo siguiente:

- El geógrafo: los conocimientos relativos a la dimensión de la tierra y las proyecciones cartográficas, en especial la relación escala-forma;
- El topógrafo: el concepto de datum, esferoide/elipsoide y lo que involucra el uso y aplicación de un GPS;
- Ambos, geógrafo y/o topógrafo el conocimiento cartográfico, muy especialmente la lectura analítica de la carta topográfica; y la cartografía digital inmersa en el conocimiento de los sistemas de información geográfica que si bien se llega a dominar se facilita si se cuenta con el conocimiento de los sistemas de cómputo, esto es con informáticos.
- El biólogo: el conocimiento referente a Ecología vegetal, incluido parte del referente a la fotografía aérea y/o imágenes de satélite que están en el campo de la percepción remota.

¿Es posible prescindir del conjunto de especialistas?, no, ya que cada uno tiene una función insustituible, sin embargo, es posible si el biólogo llega a dominar los conocimientos necesarios para establecer con razón y certeza la dimensión del mapa, la escala, el datum, el sistema de coordenadas, el manejo del sistema de información geográfica y las características del sistema de cómputo.

A manera de similitud, no se trata de una receta de cocina, pero puede decirse que si se trata de los mismos ingredientes; como veremos más adelante, cada uno de los aspectos citados en el párrafo anterior, esto es los “ingredientes”, influye en la realización correcta de los mapas a comparar y por supuesto del mapa comparativo.

EL PROBLEMA A RESOLVER

El problema principal a resolver es la realización correcta de los mapas de uso del suelo y vegetación para compararlos, parece en primera instancia un problema sencillo, pero no lo es ya que para cumplir lo anterior debe seguirse un algoritmo estricto que garantice que su elaboración es consistente en los aspectos geográficos, cartográficos, informáticos y ecológicos, ello le da la característica de “cartografía especializada”.

El especialista responsable del proyecto -y en lo posible el equipo- debe conocer sobre los métodos de estudio de varias disciplinas, así como otros aspectos que dificultan la elaboración de cartografía, como: las técnicas cartográficas, los niveles de precisión, las escalas, el comportamiento fractal, la cuestión espacio-temporal y los insumos de trabajo. Estos temas son tratados en la descripción del proyecto.

APRENDIZAJE ALCANZADO

Para un estudio de la magnitud que se propone en el presente estudio de caso, es necesaria la utilización de un conjunto de conocimientos y técnicas sobresaliendo las de Interdisciplinariedad y Medio Ambiente, Introducción a los Sistemas Complejos, Sociedad y Medio Ambiente y el Taller de Sistemas de información geográfica y Percepción remota, que son parte del currículo del posgrado de Estudios Regionales Medio Ambiente y Desarrollo, realizado por el autor del presente trabajo.

La cátedra de Interdisciplinariedad y Medio Ambiente, en su título por si sola expone cómo éste trabajo en el cual las disciplinas geográficas y las disciplinas ambientales que caracterizan y explican las comunidades vegetales y el uso del hombre en su ambiente físico y biológico son conocimientos indispensables para alcanzar una solución a la petición del Cupreder.

La cátedra de Introducción a los Sistemas complejos, cuando se observa desde la perspectiva de los conocimientos que interactúan, mostrados en el esquema 1, llevan a información sobresaliente para el análisis temporal a la tipificación de los cambios que pueden verse desde distintas perspectivas de transformación. Por ejemplo, la pérdida del bosque la ve diferente el ganadero que el forestal o el agricultor.

El Taller de Sistemas de información geográfica y Percepción remota, está directamente involucrado en la resolución del problema, la “simple” cuantificación de las áreas en los mapas es casi inconcebible con técnicas manuales de conteo comparadas con las técnicas digitales cartográficas.

Lo anterior es a manera de ejemplo, pero se comentan enseguida algunos detalles del tema cartográfico.

Abordar el tema de la cartografía con una generación de alumnos que han crecido utilizando sin darse cuenta los principios cartográficos que hemos venido discutiendo, por ejemplo, al usar el Google Earth o acceder un servicio de localización o vías de comunicación, podría considerarse un retroceso, pero si lo vemos con atención para nada lo es. Un alumno que estudie por ejemplo la licenciatura en Sustentabilidad Ambiental no puede sustraerse de un sólido conocimiento que le permitan gestionar una carta geográfica, que representa el espacio o territorio en el cual aplica o aplicará su gestión con miras a la sustentabilidad de los recursos bióticos o minerales. Es difícil encontrar un trabajo donde el tema territorial no contenga un mapa, así que vale la pena plantear una pregunta: ¿Cómo asegurar que la información cartográfica en la cual estoy basando una gestión económica, social, política o ambiental, es correcta? Si, si vale la pena estudiar los conceptos cartográficos involucrados para asegurar un mapa correcto.

- Dimensión del análisis

Este trabajo aporta una serie de criterios acerca de lo que significa desde el punto de vista técnico realizar un mapa y por lo tanto aporta el conocimiento requerido en un “juicio crítico”, que no sólo le dé respuesta a la pregunta planteada sino a otras

¿Cómo cuantifico la sustentabilidad ambiental de un territorio a lo largo de los años?

Justamente el mapa de cambios de uso de suelo es la herramienta para saber si hubo crecimiento o decrecimiento, de la superficie agrícola, pecuaria o forestal, o de las zonas erosionadas o urbanas. Aunque claro, este no sería la panacea o la única herramienta para hacerlo. Pero, ciertamente este trabajo por el detalle alcanzado le será útil en adquirir un conocimiento sin el cual no tendrá la certeza que requiere el que los datos cartográficos que le presenten o indique elaborar y en algunos casos él mismo tenga que hacer, este bien hecho y comparado, lo que disminuye la incertidumbre al tomar decisiones, asociadas a la gestión ambiental.

En el tema cartográfico, no podemos ser “todólogos” por supuesto son conocimientos integrales, que es mejor trabajar en equipo conjuntando al geógrafo, al topógrafo, al naturalista, sea licenciado en sustentabilidad ambiental, biólogo, agrónomo, o similar.

Es necesario dedicar un tiempo a esclarecer el concepto de mapa. Un mapa es una representación gráfica de la tierra y estamos muy acostumbrados a verlo impreso o digital sin percibir comúnmente que en alguna parte de su leyenda con letras pequeñas dice: proyección, esferoide, datum, escala, entre otros. Por sentido común habrá que preguntarse, qué es cada uno de estos conceptos desde el punto de vista cartográfico, y qué significan, cómo influyen en el alcance del objetivo, qué es la comparación de dos mapas que serán utilizados en la búsqueda de la sustentabilidad de los recursos suelos, agua y vegetación.

Ciertamente el naturalista posee los conocimientos generales para interpretar un mapa, más hoy en día en que herramientas como Google Earth, permiten ver el mundo con una rapidez extraordinaria que en ningún momento nos invita a pensar ¿y esta cosa cómo la hacen? de hecho la damos por cierta sin mayor razonamiento. Pero si es realmente importante, en el problema que se enfrenta.

- Dimensión conceptual

La base de este trabajo es el conocimiento de las técnicas cartográficas, apoyado necesariamente en el manejo de Sistemas de Información Geográfica. Sin embargo, se aborda la aplicación de teorías acerca de la Vegetación de México que es un tema que floreció el siglo pasado y que, me parece, ha estado limitado al enfoque forestal, ya que INEGI contribuye con la Carta de Uso del suelo a los estudios comparativos de la Comisión Nacional Forestal (INEGI 2017: 7); también aborda conceptos geográficos importantes como la escala, el geoide y la dimensión/representación de la Tierra.

- Aplicación teórico conceptual

Las aplicaciones del mapa resultante son varias, una esencial es la cuantificación que permite la Tabulación Cruzada, que sin la herramienta informática es tedioso, tardado e impreciso realizar. Con esta conocemos cuánto cambio una condición de bosque a agricultura, pero además dónde es que se dio este cambio.

La validez del trabajo, en este estudio de caso, se llevó a cabo en una mesa de trabajo convocada por el Cupreder en sus oficinas, el 26 de febrero de 2010, en la cual se dieron cita diversos especialistas, académicos y representantes indígenas; en ella, se explicó toda la aplicación teórico conceptual, para la obtención del mapa hasta ese momento. No fue el único momento en que el mapa fue revisado, en una reunión posterior, en septiembre de 2010 en la Trinidad, Tlaxcala, el Cupreder favoreció otra con el Dr. Víctor Manuel Toledo, Investigador de la UNAM, que comentaba acerca de un hecho sobresaliente que es ver espacialmente los “jardines de café” citados por él, mismos en que Challenger (1998) se basa para su planteamiento en la búsqueda de la sustentabilidad ecológica y agroforestal, además íntimamente relacionada a la sociedad náhuatl de Cuetzalan y sus alrededores. Y es que es muy destacado, pues en México representa sin duda uno de los ejemplos de sociedad sustentable.

En ambas reuniones de revisión sobresalió el tema de la distribución del café. El “dibujo cartográfico” del café bajo sombra y de los jardines de café, entre una zona arbórea secundaria o primaria de bosque mesófilo de montaña, tiene una componente de confusión inevitable, ya que la estructura de la comunidad vegetal es similar y en consecuencia su separación se dificulta y prácticamente no es posible sin el trabajo de campo. Ayuda plantearse al momento de dibujar el mapa, los requerimientos ecológicos del cultivo, pero hay sorpresas pues se constató en campo

que también se da fuera de esos parámetros. Se entiende que no hay actualmente un mapa de precisión para el café en México, con el cual se pueda cotejar sus resultados; posiblemente hay dependencias catastrales que lo tienen, pero por alguna razón son confidenciales y hacer o actualizar éste inventario requiere del uso de GPS y el recorrido en toda la zona cafetalera del país, lo cual es complejo.

- **Aplicación**

El conocimiento cartográfico es indispensable en la historia del hombre. No es posible considerar que es ya un conocimiento anticuado, basta ver que constantemente utilizamos herramientas de origen cartográfico en los dispositivos con que nos comunicamos, cuando queremos ubicar un lugar o saber cómo llegar de un sitio a otro o incluso la dirección de nuestra habitación. En ese sentido el conocimiento de la Tierra es nada despreciable y muy útil.

El propósito es elaborar dos mapas comparativos de suelo de suelo y vegetación, empleando un Sistema de Información Geográfica, porque una vez elaborados, será posible monitorear, medir, comparar, gestionar, modelar. Otro aspecto aplicativo, son los estudios multitemporales tan citados pero escasos en ejemplos.

Otra aplicación muy destacada es el apoyo en la toma de decisiones a partir de los datos cuantificados que se generan con un estudio comparativo, como pueden ser una tasa de deforestación, o la asignación de recursos para los cafeticultores en tiempos de crisis. Los tomadores de decisiones buscan siempre la información para responder preguntas como: ¿cuánto había?, ¿cuánto hay? y ¿cuánto habrá?

EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE CASO

A continuación, el lector encontrará la ejecución del proyecto, descrito a detalle, con la siguiente secuencia: descripción del proyecto, sistema de clasificación de la vegetación y usos del suelo, leyenda, símbolos utilizados y resultados.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- **Las técnicas cartográficas**

Cuando observamos un mapa con frecuencia pasamos de largo que se trata de una representación de la Tierra y que ésta no es para nada una “cosa” común. La variabilidad que presenta la Tierra que buscamos poner en un mapa, resulta técnicamente imposible ya que su forma no es homogénea es de hecho tan variable que ha requerido de acuñar una “figura” que le describa se trata del “geoide”, pero

cuando el naturalista (me refiero al estudioso de los recursos naturales como el agua, el suelo, la vegetación o los minerales) penetra en este campo aparecerá pronto que el término “geoide” no se refiere solo a la forma de la Tierra sino que tiene una definición para él “extraña” ya que habla de un nivel del mar que penetra por debajo de los continentes con fines no solo de representación sino de estudio profundo de la misma Tierra. Es objeto de la ciencia Geodésica, ya que se trata de valores de la gravedad terrestre que permiten al hombre explicar muchos fenómenos y también la localización de minerales y rocas; el concepto de geoide está muy relacionado con la variabilidad del valor de la gravedad a niveles detectables con equipos “gravímetros” que muestran cambios mínimos pero constantes incluso sin moverse de un mismo lugar. Estas variaciones se miden en unidades de miliGal en honor al físico italiano Galileo, a partir de estos valores y otros más, referentes a la composición geológica igualmente variable en el planeta, se obtiene una figura “teórica” de la Tierra, llamada también “Geoide”, imprescindible en cartografía porque, aunque teórica es una forma muy cercana que parte del llamado Esferoide, origen del Elipsoide de rotación, sobre el cual se “dibuja” el mapa. Es además un concepto esencial porque los GPS proporcionan una medida de altura sobre el nivel del mar, llamada “ortogonal”, que parte de la superficie de esta figura “teórica”. El nivel medio del mar no es el mismo en toda la Tierra, en realidad es variable, no mucho, en cantidad de apenas un centenar de metros, pero lo es, por eso esta representación teórica resulta mejor cuando se dibuja la Tierra, esto es cuando se hace un mapa. Evidentemente el geoide es un modelo único, que se sigue perfeccionando, no así elipsoides de los cuales hay muchos, así como sistemas de coordenadas. Para ilustrar estos comentarios ver la figura 1, que muestra sobre el elipsoide de rotación WGS-84, utilizado en este trabajo, la sobreposición de las alturas geoidales

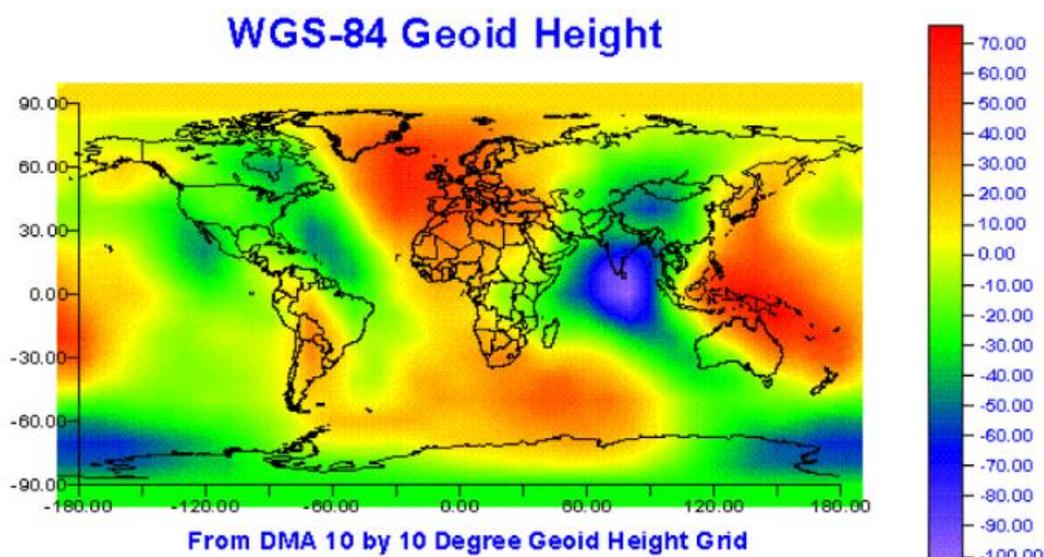


Imagen 1. Diferencias de altitud, en metros, entre el elipsoide WGS-84 y el Geoide. (Universidad de Murcia, 2007: pág. 7).

En efecto, el “naturalista” que quiere hacer bien un mapa tiene que asimilar un conocimiento extraño del que no se le habló, al menos gran cosa en su formación, hecho normal ya que es más bien de los campos de las ingenierías geofísicas y topográficas.

- El nivel de precisión

La topografía busca siempre la ubicación más precisa. Para el naturalista es suficiente citar las coordenadas de un punto solo como grados minutos y segundos, incluso en una colecta botánica es posible si no se cuenta con más información citar la distancia aproximada y dirección a una localidad, pero el geodesta (topógrafo especializado) anota no solo décimas de segundo, las coordenadas geodésicas tienen una precisión medida en menos de un centímetro es decir en milímetros. De tal forma que, un punto de la tierra para el estudioso de la vegetación podría tener varios metros de ubicación y no alterar sus resultados, por ejemplo, la línea donde termina el bosque o la línea que separa una cuenca hidrográfica trazada en la cartografía, pero el geodesta busca ubicaciones más precisas, por ejemplo la Red Geodésica Nacional Activa tiene un estándar de exactitud posicional de 5 centímetros (INEGI, 2018: párr. 13), que con frecuencia es incluso menor al centímetro de acuerdo a los datos satelitales de la constelación NAVSTAR. Hay que recordar que la ubicación del predio de una casa requiere desde el punto de vista catastral de exactitud para no invadir o para no ser acusado de invasión por su vecino. Pero en el medio natural esta línea, desde el punto de vista de la exactitud resulta valiosa pero no indispensable, aceptan un grado de error mayor; esto sin olvidar que éstas líneas son “dinámicas”, ya que están sujetas a un cambio constante. Asimismo, para el naturalista es casi inimaginable trazar una línea “precisa” que separe un tipo de vegetación versus otro tipo, siempre debe interpretarse su lectura como paulatina o ecotonal.

Pero no hay duda, hay que reconocer el terreno del topógrafo, porque es la geodesia su dominio y el naturalista acude a ella para tener el sustento técnico de la correcta ubicación del dibujo del mapa.

- La Escala

La escala es la relación de tamaño de un objeto con su representación. Parece sencillo y lo es, muy claro si estamos observando una maqueta de un edificio o una casa, pero ¿tenemos un claro concepto de la dimensión de la Tierra?, nos dice algo, por ejemplo, un común y corriente globo terráqueo de escala 1: 41,849,600. (esto es 1 centímetro es igual a 41849 m o 418 km).

La escala de un mapa está referida a los meridianos y latitudes, es decir a los ejes "x, y" ya que el valor "z" está representado por las denominadas "curvas de nivel" de fácil lectura, pero no tan fácil ubicación cuando se tiene poca experiencia en el trabajo de campo. Pero desde el punto de vista cartográfico es muy importante

considerar el tamaño de la Tierra, ecuatorial de 6378.17 km y polar de 6356.77 km de acuerdo a Encarta (2009), en el que apenas nos damos cuenta de la gran dimensión de ella, mucho más cuando "todo" nuestro universo "conocible" al alcance humano, común y corriente, sin el gran equipo es de apenas "muy poco" de su superficie, los últimos -100 a 0 m de profundidad y los 4500m de altitud (o en el mejor de las condiciones físicas 8850 m del monte Everest) es decir apenas los últimos 9 km de la superficie de una esfera de 6371 km.

El concepto de escala tiende a perderse, pues al observar un mapa en la pantalla de un ordenador y hacer zum, creciente o decreciente, perdemos un concepto importantísimo, es decir cuál es la escala real a la que está hecho el mapa. Este problema no existía cuando veíamos un mapa en papel, ya que ahí lo tenemos a escala y no podemos hacer "zum" en el papel. El mapa tiene una escala y una mala costumbre es ignorar este dato, pero cuando ya has hecho un mapa se tuvo que pasar por esto, es decir ¿a qué escala haré el mapa? y más allá qué consecuencias tiene hacerlo a una determinada escala.

Un concepto directamente proporcional a la Escala es el dibujo Cartográfico. Cuando observamos un mapa y por tanto cuando lo hacemos, debemos considerar lo que se conoce como "área mínima cartografiable", es decir, cuánto me debo esforzar en trazar los detalles de un mapa que el ojo humano pueda ver o resolver en su mente como un área, no como una línea o un punto. En el formato digital llamamos "polígono" al trazo realizado para separar un área cartográfica de bosque o un cuerpo de agua u otra área, para hacer ese trazo debemos tener en cuenta dos aspectos el primero el insumo, (1) esto es la escala de la fotografía aérea que estemos utilizando o la resolución del pixel (Chuvienco, 2010: 206), visto como el "campo de visión instantáneo" de un satélite de la serie "que estudian la tierra", y (2) la escala a la que se está elaborando el mapa.

Parece, pero no es un problema sencillo, pues no podemos hacer un mapa si el insumo no proporciona la suficiente "visibilidad" para dibujar los elementos del mapa o bien si tenemos que hacer un mapa de escala pequeña no necesitamos un insumo de detalle. Ampliemos el concepto, si la imagen de satélite posee una resolución de 1x1 km es suficiente para hacer un mapa de escala 1:1,000,000, pero insuficiente si es de escala 1:250,000 para esto se requiere al menos una resolución de 30 x 30 m y aunque llegan a elaborarse con este Campo de visión instantáneo (CVI) mapas de escala 1:50,000 es mejor buscar una resolución de 15x15 o mejor aún de 10x10, pero si el mapa es de escala 1:20,000 como el solicitado por Cupreder pues entonces hay que buscar una resolución de 5x5 m o de 2x2 m y aunque todavía no son comunes una de escala 1:5,000 requerirá de un CVI de 1x1 y si es de 1:2000 ó 1:1000 (mapas poco comunes que están ya en el umbral del "plano") requiere de .5 x .5 ó de .3 x .3. m

No siempre es así, peor aún, realmente peor y nefasto, quien no sabe de cartografía o está sumido en un ambiente de corrupción, suele tomar el mapa de INEGI de escala 1:250,000 y ampliarlo a 1:50,000 sin el menor reparo. Pero las metodologías son y deben ser diferentes.

La escala de la Carta de Uso de suelo y vegetación de todo el país es 1:250,000, se trata de la llamada serie 6 de INEGI (2017), pero los mapas que en el Cupreder han solicitado siempre buscaron la escala más grande posible, así el “Izta-Popo” se realizó a escala 1:50,000 lo que implicó revisar la cartografía existente, la metodología y adecuarla, mezclando claves, por ejemplo las áreas en procesos de deforestación se marcaron con tres claves, una de bosque, otra del pastizal inducido y una más del matorral de hierba del carbonero, inducido también, cuando en la escala 1:250,000 solo aparecerá como "bosque secundario" pero al pasar a la escala 1:20,000 aparecerá ya separada, excepto en las zonas agrícolas, donde junto a una terreno de 900 m² de frijol está otra de 1000 m² de maíz y otra de maracuyá, no es posible separarlas son auténticos policultivos, pero sin duda es posible alcanzar mayor detalle.

Al término del mapa de vegetación de las microcuencas de Cuetzalan se observó lo siguiente:

El mapa impreso a escala 1:1,000,000 mide 3.2 x 4.5 cm; a escala 1:250,000 mide 13.5 x 18 cm; a escala 1:50,000 mide 68 x 87 cm; y a escala 1:20,000 mide 143 x 214 cm.

En escala 1:20,000, está conformado por 12 trozos de hoja (cada hoja mide 60 x 72 cm, ver Imagen 2 (pág. 20) con la cobertura de ortofotos sobrepuesta del límite de la microcuenca); en esta escala resulta que el número de polígonos o contactos cartográficos es de 1642 (año 1979) y 2180 (año 2009), si se imprime no es posible manipularlo como un solo mapa, son necesariamente 12 trozos.

- Un comportamiento Fractal

Aún con todos los avances, todavía no es posible encontrar un mapa de áreas o superficies reales, excepto un croquis catastral, que no alcanza la precisión de una medida, en efecto, si consideramos la variabilidad de la superficie del suelo es prácticamente imposible medirla, se comporta como un fractal. Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o aparentemente irregular, se repite a diferentes escalas (Encarta, 2009b).

Como un fractal, sí, sorprende ver que cuando Mandelbrot en la década de los setenta del siglo pasado, autor del término “fractal” (Encarta, 2009b) la describe a través de una semejanza con el dibujo de la línea de costa en un mapa, "depende de la regla y unidades con la cual se mida", es un cálculo que se vuelve "infinito". Los fractales han influido en nuestra vida actual muchísimo, por ejemplo, las antenas de un celular o del wifi de una computadora son construidas bajo el principio de los fractales, igual las imágenes de satélite o fotografías aéreas observadas en un ordenador al momento que las reducimos o las ampliamos. Los fractales tienen una propiedad fundamental es la autosimilitud o autosemejanza, es decir, no cambian de forma, la línea de costa medida con un metro de madera será de medida diferente si

se mide con una regla de 1 cm o si existiera una regla de 1 km o de una micra, pero sigue siendo la misma línea de costa.

En nuestro caso, el comportamiento fractal es evidente si observamos el número de polígonos generados en las escalas, comentadas en la página anterior.

- El ordenamiento territorial – ecológico.

El denominado “Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Cuetzalan del Progreso” es el motivo que da origen al trabajo de esta aportación, (Periódico Oficial del 3 de diciembre de 2010). Aun cuando podrían discutirse la semejanzas y diferencias entre ambas acotaciones, territorial – ecológico, el “ordenamiento” podría ser un problema discutible. El tomador de decisiones tendrá que proyectar qué es lo que quiere plantear para un mañana, la prospección, a partir de un presente, comúnmente llamado diagnóstico, que está directamente relacionado de un pasado, la retrospectiva. Se trata así de tres momentos en el espacio/tiempo, o para algunos en el territorio/tiempo, un contexto ecológico. El Cupreder aborda el trabajo de ordenamiento a partir de un conjunto de datos e información, mucha de ella tomada del intercambio de saberes con la comunidad y directamente con trabajo de campo y como parte esencial de esta información con el mejor desglose posible, a fondo, para que les sea muy útil y, por supuesto, los resultados de “*dos mapas comparados*”, dado que resulta del análisis retrospectivo –mapa 1979- el presente -2009- y una prospectiva que depende del tomador de decisiones con la participación de la comunidad.. Y es que entre muchas cosas el mapa permite cuantificar, aunque no con la mejor precisión dado que lo hace a partir de la vertical, los usos y la vegetación.

Al realizar el mapa el autor obtiene así la búsqueda de la mejor definición tanto de los tipos de vegetación, primaria y secundaria, como del uso del suelo agrícola, pecuario, forestal y urbano. El resultado cartográfico, como fue comentado en el ítem de “Escala”, es la creación de más de mil polígonos debido a la consideración de la escala 1:20,000 solicitada, para la microcuenca; escala que exige el dibujo cartográfico de un “área útil” cercana a la hectárea, cuando comúnmente se trata de valores en kilómetros cuadrados, en una cartografía de escala 1:50,000 ó 1:100,000 o más chica. En consecuencia, el tiempo de elaboración estimado es muy justo ya que incluso lleva a un recorrido de campo mayor. Y es que se realiza quizá uno de los primeros mapas del recurso suelo-vegetación de escala “grande” y por lo tanto los parámetros de elaboración no pudieron ser calculados más que con base en lo ya elaborado en escalas más chicas. En ese sentido se toma en cuenta que INEGI realiza con un especialista una carta 1:250,000 en un año, una de escala 1:50,000 en tres meses; con base a lo anterior se estima para éste trabajo, que una de escala 1:20,000 requiere de medio año pero el dato es “a priori” las microcuencas resultaron demasiado grandes en cuanto a información, así que hubo que acordar más tiempo.

Por otro lado, la cuantificación de las comunidades representadas en el mapa permite el análisis en una línea de tiempo, que, aunque no es precisa es suficiente para plantear un comportamiento muy buscado, expresado en frases como ¿y si esto continúa qué puede pasar?. El autor aclara que, en el caso que nos ocupa, no se llevó el análisis hasta este punto, sólo remarca la posibilidad de poder hacerlo, a través del análisis de cadenas de Markov; al respecto se sugiere consultar el Manual de Idrisi, publicado por J. R. Eastman (2012: 222). Como se realiza para un periodo conocido, entonces puede uno proyectar al menos una cifra igual; en nuestro caso 30 años entre un mapa y otro, así que otros 30 años futuros son posibles de proyectar considerando los mismos factores, aunque lo ideal será que el ordenamiento revierta los cambios que el análisis muestre como desfavorables (v. gr. erosión, deforestación, falta de planificación urbana).

Cierto, los viajes al pasado o al futuro son sólo ficción, así que el tomador de decisiones tiene que partir de algo tangible - llamado acá “insumo”- existente del pasado ni muy inmediato que no refleje cambios; ni muy lejano que no refleje las realidades de la ocupación del espacio o territorio, es decir previos a la ocupación del humano sedentario.

- El insumo

Realmente no hay muchos o pocos recursos útiles para plantear con solidez una retrospectiva. Estarían por un lado aquellos relatos que realizaron los viajeros de años pasados, rara vez siglos, más bien décadas y que tuvieron la posibilidad de plantear, asimismo, en mapas o croquis sus experiencias. Pero, sin ninguna duda la fotografía aérea si brinda al tomador de decisiones información del espacio. En este apartado se mencionan algunos de los acervos fotográficos históricos más importantes para realizar el mapa retrospectivo.

La fotografía aérea, vertical en formatos de 23x23 cm, tiene sus albores hacia el año 1930 por la “Compañía Mexicana Aerofoto” (Fundación ICA), que aplicó a muchas zonas del país vuelos expeditos, pero no contó con una conservación apropiada del patrimonio y parte fue destruida por la imperdonable reacción química. Debo aclarar que, aunque el 80% de las fotografías están en buen estado, y es posible consultarlas en línea, pero al momento de realizar el mapa no se logró obtener fotografías y/o negativos del sitio por problemas logísticos.

Otro acervo importante, fue el juego nacional de fotografías aéreas por la institución militar que, una vez cubierto su objetivo de obtener una primera versión de la carta topográfica de México a escala 1:500,000, no tampoco fue conservado. Actualmente, es raro encontrar una fotografía de los años cuarenta o cincuenta del Departamento Cartográfico Militar.

El acervo de la CETENAL o DETENAL hoy INEGI, sobresale en ese sentido como una gran inversión de conservación con más de un millón de fotografías de México, en escalas variables de acuerdo con los llamados “índices de vuelo” de la

época de los ochentas (hoy casi desconocidos), así que es sin ninguna duda la mejor fuente para hacer un mapa retrospectivo. Es posible adquirirlo en INEGI en formato impreso o en formato digital, de excelente calidad con varios miles de puntos por pulgada escaneados, es una resolución altísima que permite ver árboles o arbustos aislados que equivale en el terreno a cerca de 30x30 cm. Muy destacada incluso al compararla con los satélites que proveen imágenes comerciales actuales que ofrecen la resolución espacial más grande, me refiero al Worldview-3 (Digital Globe, 2018: párr. 1).

Para el momento de la realización del mapa comparativo, se contó con las fotografías impresas en papel de los años 1978, 1979 y 1980 de INEGI, mismas que fueron escaneadas y georreferenciadas (ver cuadro 1), así es como se soluciona el problema del insumo para la retrospectiva. La prospectiva es evidentemente una función de los sistemas de información geográfica.

El momento actual es distinto, tanto las cartas como las imágenes satelitales están ya en formatos digitales. Originalmente se contó con acceso a imágenes de 1995, más adelante se presenta esta imagen (pág. 22), que permitió familiarizarse con las condiciones de uso y vegetación, pero en la fase final, el mapa fue superpuesto en el Google Earth y los detalles, así como el nivel de actualización, permitieron mejorar la consulta del insumo para el estudio, ya que además la imagen está en color. Las imágenes que sirvieron de insumo corresponden a la SPOT de 2007 y 2008 consultadas directamente, en el visualizador “Google Earth”.

Google Earth aparece en 2005, (Google Official Blog, 2019) aunque tiene su origen en un proyecto conocido como “EarthViewer 3D”, aun existente pero comercial; realizado a partir de imágenes que constantemente son de mejor resolución espectral, espacial, radiométrica y temporal. En efecto las altas resoluciones y calidad de georreferenciación, permiten consultar la información y realizar incluso el trazo de puntos, líneas y polígonos en formatos “kml” y “kmz” que pueden ser leídos en QGIS (uno de los dos softwares en que se hizo el mapa de cambios) incluso la opción de consulta en línea de las imágenes del Google Earth estando en QGIS, conocida como “*on fly*” traducida como “al vuelo” permiten trazar con precisión en el mapa.

Google Earth representa para los estudios retrospectivos la mejor oportunidad si contamos con pocos recursos, ya que actualmente ha incluido imágenes a partir del año 1984, lo que permite hacer estudios retrospectivos de al menos 30 años. Si bien, en esos años la resolución de las imágenes Landsat eran de 30x30 m, con una metodología adecuada es posible estudiar la vegetación, agricultura y zonas urbanas en sus aspectos esenciales. Hay que comentar que en esos años una imagen Landsat era muy costosa y actualmente están disponible en forma gratuita.

Los párrafos anteriores en resumen permiten observar que hay varias opciones para realizar un mapa retrospectivo, en el caso que se describe la fotografía aérea de INEGI disponible para todo el país representa la mejor opción accesible y con muy

buena resolución pues permite apreciar elementos pequeños como las copas del arbolado indispensables para el dibujo cartográfico.

Los problemas técnicos a los que se enfrentó la elaboración de los mapas citados son amplios, se basan en la representación y giran alrededor de tres cuestiones esenciales: ¿qué representar?; ¿cómo obtener la información que se pretende representar? y ¿cómo representarla?

Buscar la respuesta adecuada conllevó considerar que los propósitos del mapa son en principio la comparación del estado del uso del suelo y la vegetación en dos épocas, sin embargo técnicamente no se había elaborado un mapa de escala 1:20,000, y su respectiva ausencia metodológica complicaba la posibilidad de dar respuestas satisfactorias; también hay que considerar que los estudios comparativos requieren conceptualizar la tipificación a utilizar para agrupar los conceptos incluidos en los dos mapas.

Con el objeto de ahondar un poco en este problema, se hace un planteamiento de respuesta general enseguida: puesto que se representa la vegetación y el uso del suelo es necesario conocer los aspectos esenciales de ambos, así como la forma en que son clasificados, lo cual implica una problemática amplia a la vez. La elección de la escala 1:20,000 implicó, al momento de la elaboración del mapa, la ausencia de un mapa topográfico base, más o menos subsanado por la disponibilidad del modelo digital del terreno y la elección de la materia prima del mapa bajo dos aspectos, uno la interpretación del tipo de sensor (fotografías aéreas o imágenes de satélite) y otro la indispensable visita de campo que permitió el reconocimiento visual en el sitio mismo. Finalmente, la forma en que se representa la información requiere de conocer diversos aspectos que validan la correcta georreferenciación digital de las imágenes así como la impresión, dibujo cartográfico, escaneado y transferencia de la información contenida en las aerofotos o imágenes seguida de su digitalización; y finalmente la representación por medio de colores, símbolos y tramas o pantallas, de los conceptos involucrados tales como tipo de vegetación, tipo de clima, fisonomía, estructura y uso de la vegetación; y la organización del contenido complementario tales como leyendas, terminología, textos u otros datos. A este último respecto, se añade el intento de aplicar un sistema más recientemente en supuesta fase de implementación a nivel mundial, me refiero al Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra (LCCS) de la FAO (1999: 9), esto se logró en parte al describir las condiciones de vegetación y uso, además abordar importantes conceptos como la fragmentación incorporada a través de símbolos, la estructura de la vegetación y las formas de cultivos. (Si bien hay que aclarar que aplicar la LCCS no fue el objetivo de estudio).

Los pasos metodológicos para realizar el proyecto son: el levantamiento e interpretación de la información a través de recopilación fotográfica y de imágenes¹, reconocimiento en campo, reinterpretación, transferencia de la información obtenida a la base topográfica, y resumen del procedimiento lógico para la obtención del mapa comparativo.

Cuadro 1.- Cubrimiento fotográfico del área de estudio a partir de la información marginal de las fotografías (Autor).

Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotos			Fecha de vuelo
10A	710	5	17	A	20	Nov-80
10A	710	6	14	A	18	Nov-80
10A	532	7	20	A	24	Abr-79

MAPA 1979. Consistió en determinar y obtener el cubrimiento fotográfico de la zona de estudio. Se lleva a cabo, auxiliándose de índices de vuelo y fotoíndices, que están hechos para cada zona de vuelo (DGGTENAL hoy INEGI tuvo dividido el país en 86 zonas de vuelo). Los índices de vuelo indican, mediante flechas dibujadas en un mapa topográfico, las líneas de vuelo tal como se realizaron al momento de tomar las fotografías, en tanto que los fotoíndices, mediante su estructura (Mosaicos reducidos fotográficamente), proporcionan tanto la línea de vuelo como el número exacto de fotografías con que se cubre el área de estudio.

MAPA 2009. Se utilizaron ortofotos e imágenes satelitales, conforme consulta directa en el servidor de INEGI (2009) con el resultado siguiente de ortofotos digitales consultadas con su mes/año de toma: E14B15a (febrero 1995); E14B15b (febrero 1995); E14B15c (febrero 1995); E14B15d (febrero 1995); E14B15e (febrero 1995); E14B15f (febrero 1995); F14D85a (febrero 1995); F14D85b (enero 1996); F14D85c (febrero 1995); F14D85d (febrero 1995); F14D85e (enero 1996); F14D85f (febrero 1995). En la imagen los 12 ortofotos sumados y una línea morada que corresponde con el límite de las microcuencas.

¹ Las imágenes son en blanco y negro, con resolución de 2x2 m y fueron hechas en película pancromática, todas en la escala 1:80,000. Para la zona de estudio se involucra la zona de vuelo, cuyas fotografías se encuentran citadas a detalle en el cuadro 1.

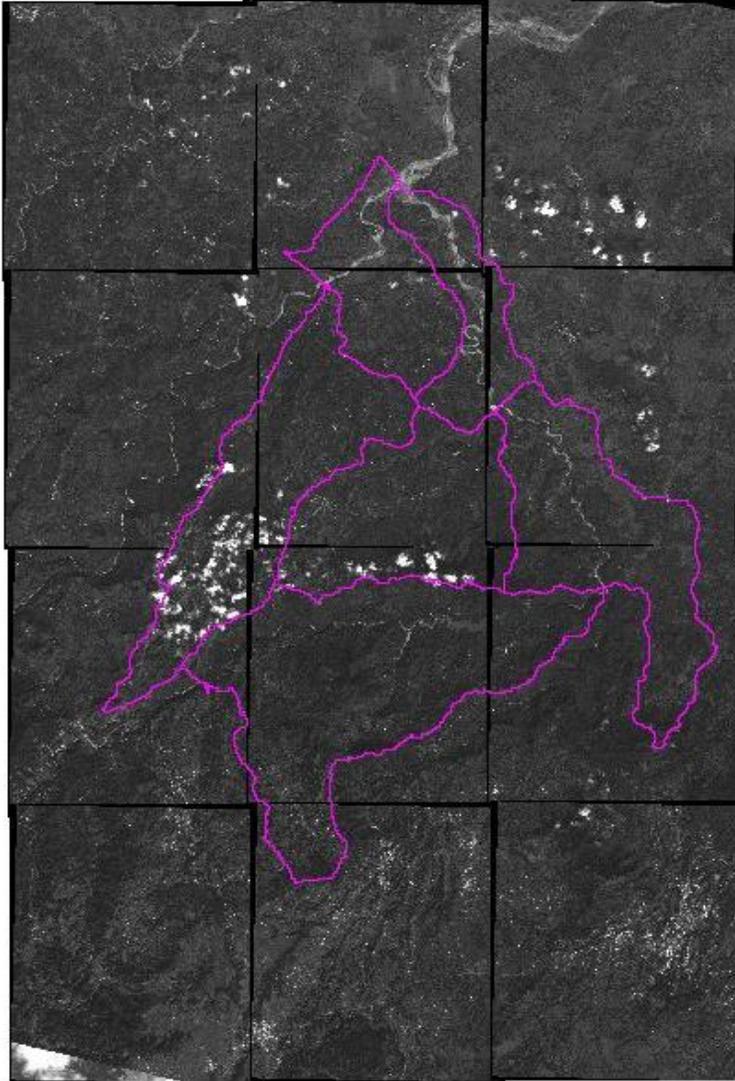


Imagen 2. Cobertura de ortofotos para la subcuenca de Cuetzalan (Autor)

Utilizando el software gratuito *Google Earth 5.2* <http://earth.google.es/> se hizo la consulta de las imágenes satelitales *Spot* del 17 abril 2006, 25 abril 2007, 15 febrero 2008, 31 agosto 2008; (estas imágenes en baja resolución están disponibles a través del *Show Browse Images* de *Google Earth* en formato png, con resolución entre 10 y 2.5 mts.



Imagen 3. Cubrimiento de imágenes SPOT de la zona de estudio (Recorte en Google Earth preparado por el autor)

Una vez obtenidos y georeferenciados, ambos materiales fueron, impresos a escala 1:20,000, con éstas impresiones se realizó la interpretación (ver más adelante). Posteriormente tras la validación del dibujo cartográfico, se escaneó y se digitalizó a través de SIG QGIS para la obtención de ambos mapas en formato “shape”; para más detalles se sugiere consultar los metadatos correspondientes a través del Cupreder.

- Interpretación de fotos aéreas e imágenes.

Esta etapa tiene por objeto obtener la información requerida en ambos mapas de vegetación y uso del suelo. Dentro de los criterios para la fotointerpretación de vegetación se compaginan tres tipos de análisis:

-El *análisis del material cartográfico y bibliográfico*, que además de proporcionar un marco de referencia para la zona de trabajo, provee las bases necesarias para establecer hipótesis referentes a los conceptos utilizados en la carta.

-El *análisis visual* que es el más propiamente utilizado, tanto para las fotografías aéreas como para las imágenes; se basa en las características propias de las mismas y que son descritas enseguida (Lillesand-Kiefer 1979: 95,96): (a) *Forma o Figura*, que se refiere a la forma general de los objetos observados así como a su configuración individual, (b) *Tamaño*, se refiere al tamaño de dichos objetos, considerando el contexto de la escala fotográfica o de la imagen, (c) *Modelo o Patrón*, que se refiere al arreglo espacial de los objetos, observando sus posibles relaciones con otros objetos y su frecuencia de aparición en otros lugares de la fotografía o imagen, (d) *Sombras*, que se refiere a las sombras proyectadas de los objetos que ayudan a su interpretación y las sombras originadas por el proceso fotográfico o digital tales como el momento de la toma, revelado e impresión, (e) *Tono*, que se refiere a los diferentes tonos de color de los objetos en la fotografía o imagen. Para una película pancromática, es necesario considerar durante la fotointerpretación, que la gama de grises (225 matices distinguibles o 255 en formato digital) se afecta por diversos factores tales como: tipo de película, tiempo de exposición, revelado, presencia de bruma, presencia de nubosidad, ángulo de incidencia de la luz solar, etc., (f) *Textura*, que se refiere a la frecuencia de los cambios de tono sobre la imagen fotográfica. La textura es producida por la agregación de unidades diversas o similares, pequeñas o grandes sobre las fotografías. En otras palabras, es el producto de las características citadas antes, de cada objeto individual. La textura está en íntima relación con la escala de la fotografía o imagen, en forma que al disminuir la escala pasa de gruesa a fina y progresivamente desaparece, y (g) *Contexto del Sitio o Lugar*, tales como su posición fisiográfica y su cercanía a localidades urbanas, rurales y aún más a caseríos dispersos, donde aparecen los objetos lo cual puede ser de gran ayuda en la identificación e interpretación. Sobresale en estos casos –textura y contexto- la asociación de los jardines de café con las localidades rurales y los caseríos dispersos de indígenas Nahuas y Totonacas.

-El *análisis de la información obtenida durante los recorridos de campo*. El resultado de la fotointerpretación de la vegetación y uso del suelo es un primer elemento que fue completado con el trabajo de campo, a manera de comprobación de los límites de las unidades cartográficas definidas y de caracterizar las mismas. Al respecto existen límites claramente identificables como los que se dan alrededor de los cultivos anuales o los pastizales, pero también de carácter difuso cuando se trata de condiciones arbóreas, tales como las selvas con los bosques –ecotonos- y ambos con el policultivo arbóreo -jardines de café-.

El modo en que se compaginan los tres análisis anteriores forma parte de un razonamiento inductivo-deductivo (Johnson 1971, in Odum 1971: 520-521). La identificación de los objetos desprendida de las características propias de las fotografías aéreas o imágenes constituye el razonamiento inductivo, en tanto que la interpretación de estas con base en datos cartográficos, bibliográficos y de campo, mostrado en las fotografías e imágenes, el razonamiento deductivo. En la medida que se progresa del primero al segundo, puede ocurrir que la complejidad de la información acentúa el análisis, pues los datos que proporcionan las fotografías e imágenes no proporcionan los antecedentes suficientes incrementándose la incertidumbre y por tanto la necesidad de información recabada en campo, además de la bibliográfica y cartográfica. Si bien, no es indispensable el proceso de interpretación, involucra la utilización en el terreno del uso de impresiones o despliegues en la computadora de imágenes en campo, corroborando la información de la imagen y de campo propiamente dicha.

- Reconocimiento de campo

Una vez que la fotointerpretación se concluyó, se llevó a cabo esta fase de trabajo que tiene una doble finalidad: La primera, ratificar o rectificar los contactos y claves de los diversos conceptos de vegetación y uso del suelo, marcados durante la interpretación de fotos e imágenes; y segundo, recabar información específica de los conceptos mencionados, en forma directa en el campo. Para realizar esta actividad, se elaboró un itinerario de recorrido durante el cual se hicieron observaciones generales sobre la vegetación y uso del suelo, además de obtenerse información puntual en localidades consideradas representativas de la información en cuestión, dichas localidades fueron situadas durante el proceso de interpretación con base en la similitud de tono y textura que presenta determinado tipo de vegetación o uso, tratando de ubicarlos cerca de los caminos a transitar.

Este diseño del trabajo de campo se estableció “a través de rutas” que cubrieron las zonas contrastando así la realidad del terreno con la interpretación realizada (Aguiló, M. et al., 1991). En estos recorridos, nueve en total, se buscó establecer “patrones de reconocimiento” resultado de las posiciones topográficas, diferencias altitudinales, accesibilidad, pendientes del terreno, cercanía de las localidades, diversidad de plantas, reconocimiento de especies dominantes; todos ellos en conjunto constituyen “elementos de extrapolación” durante la fotointerpretación.

Los nueve recorridos de campo fueron realizados en julio de 2009 y enero de 2010; los de 2009 para el reconocimiento de las comunidades bióticas y el establecimiento de patrones de interpretación y, los del 2010, para el esclarecimiento de dudas y la verificación del dibujo cartográfico, fueron:

1ª salida:

Recorrido 1. 15 de julio de 2009. Zacapoaxtla-Apulco-Cuautapehual-Tzinacapan-Xocoyolo-Octimaxal sur-Cuetzalan- Octimaxal norte-Santiago Yancuictlalpan-Tepetitan-San Antonio Rayon.

Recorrido 2. 16 de julio de 2009. Cuetzalan-Tzicuilan-Xochical-Tenango-Xalpanzingo-Cuetzalan-Xocoyolo-Santa Lucia Atioyan.

2ª salida:

Recorrido 3. 21 de julio de 2009. Cuetzalan-Santa Lucia Atioyan-Zacapoaxtla-Buenavista-Ahuacatlan-Tepehican-Tlatlauquitepec-“Cerro Germancos” vista de la Presa la Soledad-Atotocoyan-El Dos-Ahuatamimilol-Mazatepec-Zapotitan-Zacatipan.

Recorrido 4. 22 de julio de 2009. Cuetzalan-Zoatecpán (N. de Apulco)-Nauzontla-Tepanyehual-Santa Lucia Atioyan-Tenextepec-Tepetitlan-Jonotla-Tetelilla de M Islas-Reyes de Vallarta-Zozocolco de Guerrero.

23 de Julio de 2009. -Visita al Jardín Botánico de la Tosepan.

3ª salida:

Recorrido 5. 23 de enero de 2010. Tlatlauquitepec-“Cerro Punta La Bandera”-San Agustín Chachaltzin-Chililis-San José Chachaltzin.

Recorrido 6. 23 de enero de 2010. Xoxoyolo-Vista Hermosa-Hacia La Galera.-Tlatlauquitepec-“Cerro Germancos”-Vista de Atotocoyan-El Dos- Camino al Norte de la Presa La Soledad-Cuatexi.

4ª salida:

Recorrido 7. 26 de enero de 2010. Pepextla-Las Hamacas-Limontitan-Zacatipan-Zapotitan-Mazatepec-Hidroeléctrica Mazatepec-(Vado en) Malintepec-Santa Cecilia-El Roble (Camino Progreso-La Aurora. Mun. Hueytamalco).

Recorrido 8. 27 de enero de 2010. Cuetzalan-Tzinacapan-Ayotzinapan-Xaltipan-Tecoltepec-Xalcuahua-Reyescopan de Hidalgo-Tepetitan-San Antonio Rayón-Amatlan-Buena Vista

Recorrido 9. 28 de enero de 2010. Xalpanzingo-Taxipehuatl-Cascada en Taxipehuatl-Taxipehuatl-Tenango.

- Reinterpretación

Consistió en analizar nuevamente el material cartográfico, haciendo las correcciones y/o modificaciones pertinentes tanto en claves (de los diversos conceptos representados) como en líneas de contacto que separasen diferentes unidades,

incluyendo nuevas claves y contactos que no habían sido considerados anteriormente, como resultado de las observaciones de campo.

La delimitación de las unidades de vegetación y uso del suelo se realizaron con base en los elementos anteriores; dada la complejidad de las diversas condiciones es por supuesto mejorable en su caracterización y delimitación cartográfica con un muestreo botánico de las unidades desde el punto de vista fitosociológico y/o fisionómico de detalle; si bien, éste objetivo de gran detalle no fue el objetivo del mapa, la escala propicio un relativo acercamiento en la delimitación.

En efecto, la escala 1:20000 requirió de imágenes y fotos aéreas estudiadas a la más alta resolución posible, que al revisarse de manera detallada en la pantalla del ordenador (especialmente haciendo este barrido en el Google Earth), permitió “barrer” en su totalidad la zona de estudio a escalas cercanas a 1:1000 por la excelente resolución cercana a 1x1 m, consecuentemente fue posible reconocer elementos u objetos individuales; tales como árboles de cítricos, cafetos, pinos, encinos, etc., siempre y cuando se encontrasen separados del conjunto de coberturas estratificadas, pues ahí sólo es posible observar el conjunto conformado por las copas del dosel superior.

Mención especial para el caso específico del rayado de las unidades de “café bajo sombra” (en su mayoría bajo sombra de “chalahuite”), pues se realizó un primer acercamiento tomando como base el recorrido de campo y la fotointerpretación, este resultado fue posible apreciarlo, discutirlo y enriquecerlo en el análisis del avance revisado en febrero de 2010, el cual se hizo a través de una mesa de trabajo con especialistas regionales, establecida por el Cupreder además de compararse con el mismo fin, esto es mejorar su delimitación, con una imagen poligonal de resultados de un levantamiento cafetalero del municipio de Cuetzalan (L. E. Fernández, Com. Pers). Sin embargo, al revisar esta imagen a detalle, se encontraron unos pocos que no correspondían en la realidad actual con cafetales, sino con naranjales de tipo enano, o condiciones de pendiente con cobertura de selva o bosque mesófilo. También se encontraron lugares donde existen cafetales cuyo levantamiento no se dio.

El trazado de los cafetales siempre ha constituido una discordancia en su delimitación cartográfica, aparentemente sólo solucionado con el levantamiento de gran detalle, completo (y costoso), parcela por parcela utilizando GPS, pues incluso las modernas técnicas automatizadas de los SIG con la aplicación de algoritmos poderosos para la definición cartográfica de las unidades resultan hasta la fecha insuficientes; además aparentemente no es posible separarlo de otros conceptos, cuando se clasifica de manera automatizada (ver V. Evangelista O., J. López B., J. Caballero N. y M. Á. Martínez A. 2009).

- Transferencia de la información obtenida a la base topográfica.

Consistió en vaciar o transferir la información definitiva, trazada a escala 1:20,000 en papel estable (plastificado mate) a la base topográfica (MDE), por medio de la correcta georreferenciación digital del mismo mapa, previamente escaneado. Se aseguró un desplazamiento mínimo tolerable no mayor de 20 m para los dos mapas, en ese sentido resultaron más difíciles de corregir las fotos aéreas de los años 1979-1980; para evitar problemas de distorsión en las líneas de contacto ambos mapas fueron rayados sobre impresiones y de esta manera todos los detalles transferidos quedaron representados a la escala 1:20,000.

- Resumen del procedimiento lógico para la obtención del mapa comparativo

Una vez dibujado el mapa en los pliegos respectivos, citados en el apartado metodológico, se pasa el mapa al formato digital. Para esto, durante la primera parte del proceso se trabaja con el sistema de información geográfica “QGIS” el cual es libre y de código abierto. Las herramientas utilizadas en éste son las que permiten digitalizar puntos, líneas y polígonos; éste tipo de archivos son “guardados” en el formato vector conocido como “Shape” el cual fue desarrollado por la empresa “Esri” y está conformado por un archivo que contiene la geometría, esto es el dibujo trazado al momento de pasar del papel al formato digital con extensión .shp; otro que contiene los atributos o claves para cada área cartográfica (algunos le llaman “rodal” o “contacto”) que proviene del software dbase con extensión .dbf y uno más que contiene la información del sistema de referencia de coordenadas (datum y sistema de coordenadas con el cual se está proyectando el mapa) con extensión .prj. Este último es un archivo bajo el formato establecido por el European Petroleum Survey Group (EPSG) que concentra todos los sistemas de referencia de coordenadas del mundo.

Los procedimientos correspondientes a la digitalización se realizaron con el EPSG 4326 correspondientes al Datum WGS84 acordado con el Cupreder, por supuesto acá el dominio informático tiene un papel muy importante para salir adelante con la digitalización, la cual tuvo para el mapa del año 1979, 1642 áreas cartográficas y para el mapa del año 2009, 2180 áreas correspondientes.

Los mapas una vez revisados son entregados a Cupreder que realizará a la vez su análisis exprofeso, además le dará edición. Estos mapas se presentan en el anexo de este escrito.

A continuación, se realizó el mapa comparativo. Las herramientas de QGIS lo permiten pero no hay una exprofeso, o bien un complemento o plugin con la claridad requerida para poder realizar la comparación; sin embargo, el software Idrisi, hoy TerrSet de la Universidad de Clark, USA tiene un módulo específico denominado “CrossTab” (Tabulación cruzada), Idrisi además brinda información sobre la posibilidad prospectiva a través del módulo “Markov” para el análisis de Cadena de Markov (Eastman, J. R. 2012: 222) sólo que este software está especializado en el formato Ráster, por lo cual hay que proceder a cambiar los formatos de los mapas shape de ambos años.

El proceso de “rasterización”, es una de las herramientas esenciales de los sistemas de información geográfica que permite pasar del formato “vector” al formato “ráster”. El Cupreder solicitó en su momento este proceso, como parte de la revisión y retroalimentación al trabajo, los detalles técnicos son poco conocidos pero muy importantes pues de ahí se derivan los resultados del estudio, razón por la cual se describen enseguida, los módulos respectivos aparecen entre comillas:

- Para rasterizar en Idrisi se crea con “Initial” una matriz con valores enteros, binarios y vacíos (cero) delimitada por las coordenadas extremas, se definió una resolución espacial de 10x10 m quedando la matriz de 3790 columnas por 2980 líneas.
- Al formato “shape” se aplica el comando “Import software Esri Shape”; de esta aplicación se obtienen tres archivos el vectorial, su documento y una base de datos que se abre por defecto en “Data base work shop” (icono cuadrícula) de Idrisi.
- Estando en el módulo “Data base work shop”, se crea el archivo de valores para poder hacer la reasignación, por lo que sí no lo está, se abre y se le da la opción de salvar como archivo de exportación a un archivo de valores (.val) se da el nuevo nombre y luego se eligen la columna *id* y la de *clave*. Se lee en “EDIT” que se haya transcrito bien el archivo de valores.
- El formato shape (del segundo paso) es importado con el uso de “Reformat polyras”; se crea sobre la imagen “initial” con valores cero creada y así se pasa a ráster, pero sus valores son el numeral del polígono de la base datos; por eso usamos adelante el archivo de valores que creamos en el tercer paso.
- Desde “Data entry” seleccionamos “Assign” y establecemos los valores; observamos que se despliega solo la imagen con los valores creados (en nuestro caso 19 claves) pero son valores reales/binarios así que se usa “Convert” para pasarlos a enteros/binarios. Se conservan los mismos nombres, si así se considera.
- Se despliega la imagen enteros/binarios, por defecto sus colores corresponden a una “paleta cualitativa” así se ve por fin el mapa creado que usaremos para el comparativo.
- Se hizo lo correspondiente a los puntos anteriores aplicado a ambos mapas de los años 1979 y 2009.
- Se calculan las áreas de las dos matrices para ver cuál es su comportamiento y se van anotando los datos en la matriz de dos entradas. (ver matriz Excel, pág.: 45)
- Se cuenta ya con lo necesario para comparar los dos mapas, es decir la Tabulación Cruzada. Se usa ahora desde Idrisi “GIS analisis – CrossTab”, el módulo pide una primera y una segunda imagen; la primera es la más vieja 1979 y la segunda es la más actual 2009. Los datos que a se generan están

en formato matricial y corresponden al número de píxeles por lo cual es indispensable pasarlos a datos en hectáreas o kilómetros cuadrados.

- “CrossTab” calcula de forma automática la similitud entre ambos mapas conocido como *Índice de similaridad* que fue de 0.722 entre ambos mapas.

Los mapas y tablas se pueden consultar en la sección de resultados.

- Los mapas resultado en el Cupreder

El uso que tiene el mapa ya una vez entregado y liberado de correcciones, sale del alcance de este trabajo, sin embargo, gentilmente el Cupreder proporcionó información al respecto; ésta se escribe a manera de resumen en los siguientes párrafos.

Si bien el municipio para el que se hace el Ordenamiento Territorial – Ecológico es Cuetzalan del Progreso, la solicitud del Cupreder es el mapa comparativo para las Subcuencas Hidrográficas que cubren su extensión. Esto ocurre porque Cupreder emprende un análisis en dos niveles uno denominado, para su control, como Zona de Estudio en Sentido Estricto (ZESE) que corresponde al municipio de Cuetzalan con una extensión de 18,165.87 ha y otro la Zona de Estudio en Sentido Amplio (ZESA) que corresponde a las Subcuencas que incluyen el municipio con una extensión de 31,322.24 ha.

En la ZESE es donde se realizan con más intensidad los estudios de carácter económico y sociopolítico, y sobre la cual se constituyen las Unidades de Gestión Ambiental y todas las asignaciones de uso de suelo y vegetación, así como los demás componentes requeridos en los términos de referencia y el convenio de colaboración entre el municipio de Cuetzalan del Progreso y la institución consultora. En la ZESA se realiza un análisis principalmente natural y de redes y vías de comunicación, lo cual es muy razonable, ya que no es posible sustraer del contexto regional el área local objeto del estudio. Así que el mapa en principio sirve para la “caracterización” de unidades de gestión ambiental, pero como además es posible cualificar, cuantificar y comparar cada unidad entonces pasa a tener un importante papel en el “diagnóstico”. Por supuesto, Cupreder para cada unidad de gestión ambiental realiza una caracterización que va más allá que los datos cartográficos, es decir otros aspectos naturales como el clima, la disponibilidad de agua y condiciones del suelo; se suman a éstos los aspectos socioeconómicos y culturales.

También en los “Talleres de construcción y consulta del modelo de ordenamiento”, tiene en la “Mesa de problemática medioambiental” un papel sobresaliente al ser empleado junto con otros elementos, para mostrar a los habitantes su uso de suelo y vegetación, así como lo que viene ocurriendo en él; se genera así una sensibilización que busca favorecer la toma de decisiones ya al nivel de los habitantes del lugar.

Más adelante, el mapa se utiliza en la determinación y análisis de los conflictos ambientales, es de hecho el principal protagonista; y es que los datos que

arroja la tabla de contingencia tienen un papel sobresaliente en el diagnóstico de conflictos, ya que indican para cada condición de vegetación primaria, en qué se va a utilizar.

Para facilitar lo anterior, el Cupreder elabora para cada uno de los tipos de uso y vegetación un resumen esquemático del *estatus quo* y las transiciones que siguen las comunidades de uso y cobertura vegetal, el cual elabora con el nombre local indígena respecto a la vegetación y uso, considerando todas las transformaciones que mostró el mapa cruzado. Esto permite la consulta de información de manera rápida, dando una idea de la diversidad de comunidades primarias, secundarias y de uso agropecuario y forestal. A manera de ejemplo, se presenta la referente al Bosque Mesófilo de Montaña.

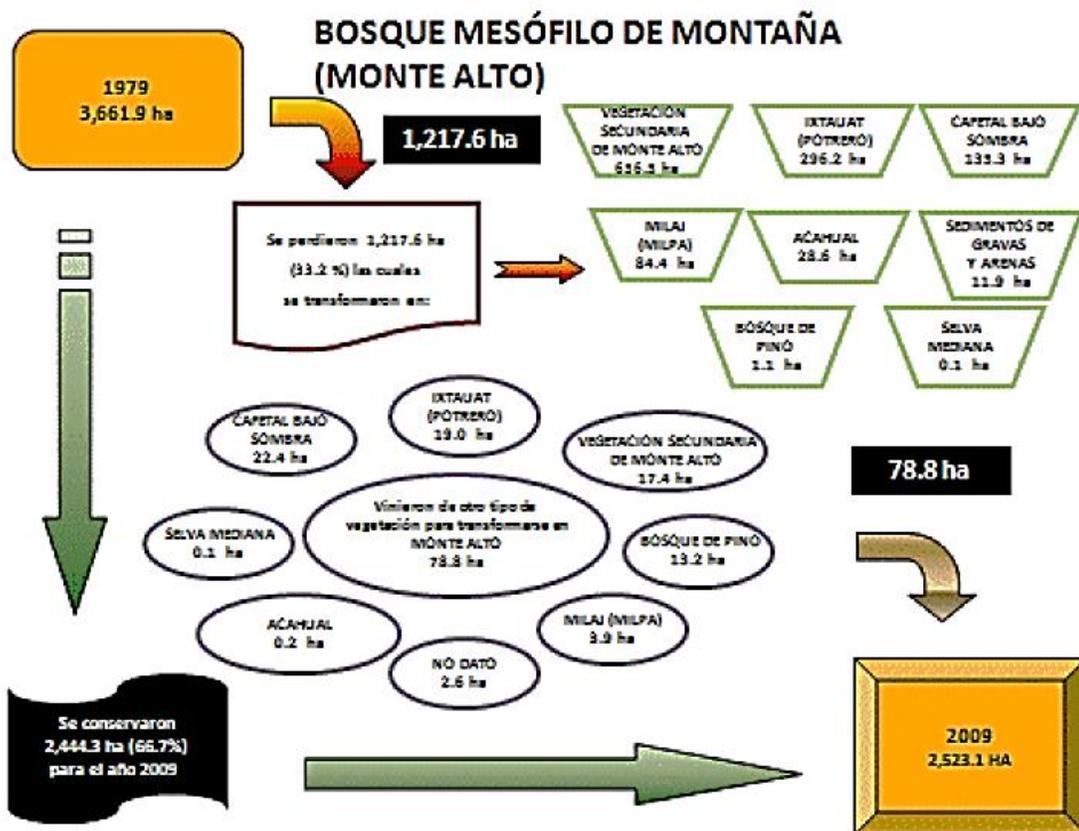


Imagen 5. Transiciones del bosque mesófilo. Cortesía de Cupreder.

Finalmente, los *dos mapas comparados* vuelven a ser considerados cuando se construye el sistema de información geográfica, que incluye todas las capas digitalizadas, esto como parte de la entrega oficial a la Presidencia Municipal de Cuetzalan del Progreso, Puebla.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO, UTILIZADOS.

El sistema de clasificación de la vegetación de este trabajo, es el empleado a nivel nacional por el INEGI para la cartografía temática de uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000, (Anónimo 1981b). No existe una descripción formal, pero es indudable su semejanza con las utilizadas por otros autores (ver cuadro adelante) lo cual nos indica la fuerte influencia que ejercieron en la realización de ésta, además la mayoría de los términos se han descrito por los autores citados en Antecedentes bibliográficos (Takaki F. Com. Per.).

En el cuadro 2, se muestran las denominaciones, así como las equivalencias aproximadas entre los tipos de vegetación, en el caso de Breedlove Formaciones; que se utilizan en este trabajo.

Utilizados en este trabajo.	Breedlove (1981) Introducción a la Flora de Chiapas	Miranda y Hdez.X (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación	Rzedowski y Mc.Vaugh (1966) La Vegetación de Nueva Galicia	González Quintero (1974) Tipo de Vegetación de México	Puig, B. (1976) Vegetación de la Huasteca, México	Rzedowski (1978) Vegetación de México
Selva Mediana Subperennifolia	Bosque Tropical Lluvioso	Selva Alta 0 Mediana Subperennifolia	N/A	Bosque Tropical Subperennifolio	Bosque Tropical Mediano Subperennifolio	Bosque Tropical Perennifolio
Bosque Mesófilo De Montaña	Bosque Perennifolio de Neblina (Parte)/ Lluvioso de Montaña/y Lluvioso de Montaña Baja	Bosque Caducifolio	Bosque Mesófilo de Montaña	Bosque Templado Caducifolio	Bosque Caducifolio Húmedo de Montaña	Bosque Mesófilo de Montaña
Bosque de Pino	Bosque Perennifolio de Neblina (Parte)	Pinares	Bosque de Pino - Encino	Bosque Templado Aciculifolio	Bosque Mixto Aciculifolio y Esclerofilo	Bosque De Coníferas y de Quercus

Nota: Breedlove 1981, Además Considera Dos Formaciones Estacionales: Bosque De Pino- - Encino Liquidámbar Y Bosque Estacional Perennifolio.

Cuadro 2. Equivalencias de los tipos de vegetación utilizadas en este trabajo (Autor)

En el sistema de clasificación de INEGI, son utilizados los principales enfoques con que se clasifica la vegetación, florístico, dinámico, geográfico, climático y fisonómico (Budowski, s/f; Aguiló, M., et al. 1991), siendo este último criterio el prevaleciente. La combinación apropiada de los nombres referentes a estos criterios da claridad a la denominación de las comunidades vegetales. Tiene como fundamento, calificativos uniformes que son aplicables a zonas similares a nivel nacional, por tanto, en términos generales es lo suficientemente flexible para considerar las variantes de comunidades similares y a la vez idénticamente rígida, para no mezclar erróneamente conceptos diferentes. Como puede apreciarse en el cuadro anterior, la clasificación utilizada en el presente trabajo se basa en criterios

heterogéneos para distinguir las unidades empleadas, además de tener amplia similitud con otras tradicionalmente utilizadas para México.

Desde el punto de vista cartográfico el número polígonos se amplía muy considerablemente en tanto es mayor la escala de trabajo, puesto que se permite una mayor diferenciación de las unidades (de área) cartografiables; en otras palabras, el número de polígonos que cartográficamente se pueden representar en un mapa escala 1:250,000 es necesariamente mucho menor a los que análogamente se ocupan en una escala 1:20,000. En el mismo sentido, al hacer un mapa de mayor escala deberían de aumentar los tipos de conceptos que cartográficamente se pueden representar. Ambos aspectos, polígonos y conceptos, en una zona como Cuetzalan tan diversificada fueron considerados en lo más posible, pero falta sin duda mucho que trabajar al respecto de los conceptos, pues son muchos los criterios, como consecuencia de la complejidad en el estudio de la vegetación y uso del suelo que determinan un mapa de escala 1:20,000. Permítaseme la analogía del “acercamiento al helecho de Barnsley” para ilustrar esta situación (Ver esquema 2). –al agrandar la escala los detalles aparecen más detalles; sin pasar a otro nivel de organización- por demás también incidente en el tiempo de elaboración de un mapa de escala grande.



Esquema 2. Autosimilitud en el helecho (Mundo fractal. 2018).

Dentro del sistema de clasificación utilizado, es importante citar que es aplicable tanto a la vegetación primaria o clímax, como a la vegetación secundaria, pero únicamente para lo que se engloba con el concepto de vegetación secundaria arbórea, es decir, comunidades de crecimiento rápido bajo condiciones muy propicias de suelo y agua. Cabe aclarar que estos conceptos se acompañan de su correspondiente vegetación clímax, esto se deduce en forma indirecta tomando como base las especies relictas, las que forman la vegetación secundaria y las características del medio ambiente, especialmente el clima y el suelo.

En cuanto a la consideración del uso del suelo, agrícola o pecuario, resulta muy importante para su representación cartográfica una clasificación que, dada una disponibilidad casi permanente del agua de lluvia, no se base precisamente en la misma. Se clasificaron los conceptos siguientes: Policultivos herbáceos, Policultivos arbóreos, Cafetales y Frutales tropicales.

Precisamente es más determinante considerar que la región está poblada por Indígenas Nahuas y Totonacas, quienes han establecido y mantenido una agricultura sobresaliente por el conocimiento tradicional y donde el carácter de “orgánico” tiende a incrementarse; además se trata de policultivos cuya permanencia es anual o permanente, en este último caso arbolada; sin embargo, se dan también los Pastizales cultivados, en cuanto la pendiente del terreno es propicia. El cultivo del café se encuentra en los denominados: Policultivo arbóreo y también en los Cafetales. En el primer caso hay un aprovechamiento sobresaliente descrito por varios autores entre ellos Challenger, A. 1998. Los denominados Café bajo sombra son aquellos cafetales que representan el cultivo más comúnmente encontrado en México, es decir bajo sombra de *Inga* spp.

En el Policultivo Arbóreo se da una diversificación importante por los usos igualmente diversos, encontramos así: (1) Del grupo de las frutas: Maracuyá, Nuez de Macadamia, Zapote-mamey, Cítricos (Naranja, mandarina); (2) Del grupo de las aromáticas: Canela, Pimienta (respecto a la Vainilla en la región aún no se logra su establecimiento); (3) Del grupo Maderables: Cedro rojo, Cedro rosado, Cedro blanco, Caoba; (4) Del grupo “conservación del suelo”: Flemingia. Es notable el que ofrecen trabajo distribuido a lo largo del año, como se plantea con base en su época de fructificación en la tabla 2, basada en Pennington & Sarukhan, 1968.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cafeto	■								■	■	■	■
<i>Pimienta dioica</i>						■	■	■	■	■		
Zapotes:												
<i>Bumelia persimilis</i>			■	■	■							
(<i>Acras</i>) <i>Manilkara zapota</i>	■	■	■	■								
<i>Pouteria campechiana</i>						■	■	■	■	■		
<i>Pouteria sapota</i>	■	■	■	■								■
Aguacates:												
<i>Beilschmedia anay</i>						■	■	■	■			
<i>Persea americana</i>						■	■	■	■			
Anonas (Chirimolla)						■	■	■	■			
Otros:												
<i>Licania platypus</i>								■	■	■	■	■
<i>Spondias mombin</i>							■	■	■	■		
<i>Psidium guajava</i>	■									■	■	■
<i>Diospyros digyna</i>	■							■	■	■	■	■
Plátanos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cítricos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 2. Periodos de fructificación de los principales cultivos del Jardín de Café. Basado en Pennington & Sarukhan. 1968. *Manual para la identificación de campo de los principales Árboles Tropicales de México*. INIF. México.

Nota Acerca del Café. Para diferenciar el cultivo del café en México se ha propuesto por Nolasco (1985) y retomado con modificaciones por Moguel y Toledo (1999), los tipos: Rústico, Policultivo tradicional, Policultivo comercial, Monocultivo a sombra y Al sol, descritos como sigue: (1) *Fragmento de bosque*. Mezcla de especies primarias y secundarias sin algún tipo de manejo. (Aparecen en el mapa

2009 como símbolos, ubicados en el recorrido de campo). (2) *Rústico*. Semejante a un bosque aclarado para intercalar el café. El manejo incluye control manual de arvenses y poda ocasional de los cafetos. Se asocia con pequeños productores campesinos en zonas montañosas. (Aparecen en parte en el mapa 2009 como símbolos, ubicados en el recorrido de campo). (3) *Policultivo tradicional*. Utiliza diferentes combinaciones de árboles del bosque y especies frutales introducidas. El manejo incluye control de arvenses, poda selectiva del café, se puede presentar una fertilización por ciclo y no presenta control fitosanitario. Se asocia a pequeños y medianos productores. (Aparece en ambos mapas y equivale al denominado Policultivo arbóreo). (4) *Policultivo Comercial*. Se remueve el dosel natural y se siembran árboles para dar sombra que tienen un uso comercial, por lo regular de dos a tres especies. El manejo se realiza con labores generales y particulares para cada cultivo, se utilizan cantidades considerable de agroquímicos. Se asocia a pequeños y medianos productores. (Aparece en parte en ambos mapas y equivale al Cafetal bajo sombra). (5) *Monocultivo a sombra*. Se plantan árboles, muchas veces de una sola especie. El manejo incluye control de arvenses, poda selectiva y sistemática, regulación de sombra, control fitosanitario y es indispensable el uso de agroquímicos. Se asocia principalmente con medianos y grandes productores. (Aparece en parte en ambos mapas y equivale al Cafetal bajo sombra). (6) *A sol*. Sin árboles y con alta dependencia de insumos agrícolas. (Aparecen en el mapa 2009 como símbolos, ubicados en el recorrido de campo). El establecimiento de esta clasificación resulta de trabajos de gran detalle en campo, frecuentemente aplicados a niveles de finca y no son el caso del presente trabajo cartográfico, por lo cual podrían en todo caso ser aproximados, mas no equivalentes.

LEYENDA Y SÍMBOLOS UTILIZADOS

Relación de Conceptos, numeral utilizado en el mapa y clave a 4 letras:

AGUA 1 Agua (Río y Cuerpos de agua).

SEDM 2 Sedimentación de Arenas y Gravas.

ZURB 3 Zonas urbanas.

ZSUB 4 Zonas Suburbanas.

SMQP 11 Selva Mediana Subperennifolia.

SSMQ 12 Vegetación secundaria de Selva Mediana Subperennifolia.

BMMP 13 Bosque Mesófilo de Montaña.

SBMM 14 Vegetación secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña.

BPQA 15 Bosque de Pino.

FTRO 5 Frutales tropicales.

FTEM 17 Frutales templados.

PHER 6 Policultivo herbáceo.

PARB 9 Policultivo arbóreo.

PZCL 7 Pastizal cultivado.

CFBS 8 Cafetal bajo sombra

RECU 19 Bosques Cultivados

DESV 18 Deslaves.

Descripción de Conceptos incluidos en los Mapas “Cobertura de Uso del Suelo y Vegetación”.

Agua (Río y Cuerpos de agua) (1). Se trata de los Cuerpos de Agua Cartografiados.

Sedimentación de Arenas y Gravas (2). Se trata de sitios aledaños a los ríos donde se ha dado una sedimentación, frecuentemente resultado de eventos de erosión intensa por el crecimiento de los caudales de agua.

Zonas urbanas. Predominan las superficies construidas (3).

Zonas Suburbanas. Aunque hay superficies construidas predominan huertos bien establecidos, con hortalizas y plantas medicinales, así como producción de especies menores, presencia frecuente de viveros y abono orgánico (lumbricultura), son así asentamientos concentrados en proceso lento de urbanización (4).

Selva Mediana Subperennifolia. <800 m. Comunidades dominadas por árboles de 15 a 30 m de alto, normalmente con grandes contrafuertes y una gran umbría en el interior de la comunidad. Su diversidad florística es muy alta. Las especies que más lo caracterizan son: *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Pimenta dioica*, *Mirandaceltis monoica* y *Bursera simaruba*. Se llegaron a observar individuos de *Ceiba pentandra*, *Dendropanax arboreus* y *Swietenia macrophylla*. (11)

Vegetación secundaria arbórea derivada de Selva Mediana Subperennifolia. En estos sitios la extracción de leña tiene un papel importante en la economía de los habitantes. Límite superior 800 m, pero algunos de sus elementos se observan a los 1000 m. Entre los árboles que es posible encontrar están: *Trema micrantha*, *Cecropia obtusifolia*, *Acacia* spp., *Inga spuria*, *Leucaena glauca*, *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Croton draco*, *Heliocarpus donnell-smithii*, *Guazuma ulmifolia*, *Cochlospermum vitifolium* (12).

Bosque Mesófilo de Montaña. Con Pino-Encino-Liquidambar (800-1500 m); así como *Oreopanax xalapense*, *Ulmus mexicana*, *Clethra*, helechos arbóreos. Este bosque se caracteriza por la presencia de una mezcla de elementos tropicales y templados en su estado arbóreo y algunos de sus elementos pueden observarse muy bajo, incluso hasta los 400 m; si bien la condición típica es posible observarla sobre las sierras más empinadas sobre los 800 m. (13).

Vegetación secundaria arbórea de Bosque Mesófilo. Con Ilite (*Alnus arguta*) abundante y que con frecuencia corresponden a zonas donde anteriormente sembraron Maíz. Siendo muy agresivo el *Alnus* también aparece como árbol dominante en áreas colindantes a bosque de mayor altitud o selva a menor altitud. Cuando están muy recuperados se observan como condiciones arbóreas bien desarrolladas, pero siguen considerándose secundarias; en esos casos es posible que se intercalen algunos ejemplares de pino de fustes delgados o liquidámbar bien

desarrollados. Estas condiciones de vegetación forman pequeñas áreas entremezcladas entre los cafetales de altura. En estos sitios la extracción de leña tiene un papel importante en la economía de los habitantes (14).

Bosque de Pino. Condiciones dominadas por los pinos (*Pinus reflexa*, *P. flexilis*, *Pinus* spp.) de tendencia mesófila (“amesofilado”) con poco encino, *Cupressus* sp. y *Alnus* (Ilite) secundario. > 2000 m. Se incluyen aquí las áreas arbóreas de cobertura abierta con relictos muy densos, algo altos (40 m) de Pino, muy alterado (fragmentado) ubicado en el sotavento del C. Hueytepec al norte de la Presa La Soledad. Están sembrando *Pinus chiapensis* así como los dos ya citados, sin embargo esto lo hacen en áreas relativamente pequeñas (no cartografiables) entremezclándolos con las condiciones secundarias o incluso primarias con alto disturbio. (15).

Frutales tropicales. Se trata del cultivo de cítricos. A veces entre los árboles siembran maíz (5).

Frutales templados. Se trata de pequeñas áreas donde siembran aguacate o durazno. (17)

Policultivo herbáceo. Milpa-Frijol-Chile. Ocasionalmente calabaza. Cultivos de Papa cerca de Apulco (6).

Policultivo arbóreo. Cafetal Totonaco. Uso múltiple (Toledo in Challenger, A. 1998). Limite alto 1100 m raro 1300 m. Corresponde con la zona más profusamente indígena donde están establecidos los llamados “jardines de café”, ahí viven como una población dispersa donde los cafetales (principal económicamente) tienen por sombra elementos principalmente tropicales que “simulan” una estructura arbórea estratificada donde con frecuencia se encuentran: Hule, Pimienta, Cedro rojo o rosado, Encino, Jonote, Jinicuil o chalahuite, Sangregrado, Zapote mamey, Anona, Aguacate, Palma, Plátano, Naranja, Mango, Caoba, Floricultura, Flemingia, Zingiber, canela (raro), bambús y macadamia; hay tendencia alta a que sean todos estos cultivos orgánicos. (hay algunos lugares donde están sembrando Piñon (*Jatropha curcas*) como biocombustible). Los jardines de café están mejor establecidos en las altitudes bajas. (9).

Pastizal cultivado. Se incluyen considerando que están bajo una dinámica de cambio de cobertura dado su manejo extensivo donde se alterna un ciclo de siembra, chapoleo (limpieza), invasión de especies arbustivas agresivas, recuperación previa a la entrada de ganado (7); algunas de estas zonas han sido sujetas a incendios como parte de su manejo, en consecuencia, se han desarrollado sitios donde hay helechos resistentes al fuego.

Cafetal bajo sombra de Chalahuite. Es la forma en que se encuentra el cafeto más comúnmente en México, bajo sombra de Chalahuite (*Inga spuria*), o Plátano; o Sangregrado (*Croton draco*) u otro árbol tropical como el Cedro. Cuando estas condiciones se encuentran cerca de caseríos dispersos pueden estar en procesos de transformación hacia policultivos arbóreos; lo anterior se está dando en las áreas

más tropicales, donde el café no es de tan buena calidad y aunque lo hay tienden a sustituirlo por cítricos. El límite alto del café está cerca a los 1100 m y el límite bajo se observó hacia los 150 m (!) (8)

Deslaves. Se trata de sitios asociados a pendientes muy fuertes donde tras un evento, más bien catastrófico, con fuertes caudales de agua el terreno se ha deslizado.

- **Descripción de Símbolos incluidos en el Mapa “Cobertura de Uso del Suelo y Vegetación” 2009.**

Estos conceptos sólo aplican para el mapa 2009 y son:

- O. Erosión intensa.
- F. Patrón Fragmentado.
- N. Presencia de Café al Sol.
- E. Presencia de Café bajo Sombra
- C. Presencia de frutales templados.
- A. Presencia de frutales tropicales.
- V. Presencia de Viveros
- Q. Ruina Arqueológica.
- Z. Zona de pastizales inducidos.
- B. Zona de Residuos
- S. Zona de restauración de suelos.
- H. Hidroeléctrica Mazatepec

Bosques Cultivados. Se trata de Áreas no cartografiables a la escala 1:20,000 o anota sitios importantes o no separables o no detectables bajo métodos de interpretación de imágenes remotas de tal manera que se trata de observaciones pues no es posible integrar todos los sitios donde se den estos procesos, o condiciones de desarrollo incipiente en frutales templados o tropicales, donde los árboles son muy pequeños o no conforman áreas bien delimitadas.

P. Bosques riparios con abundante *Platanus lindeniana*.

E. Cafetal bajo el Bosque Mesófilo de Montaña o Selva Mediana Subperennifolia o sus respectivos Secundarios.

R. Bosques cultivados, reforestación a base de especies nativas, como Pino, Encino, Ocozote (*Liquidambar*), Cedro y Caoba.

C. Presencia de frutales templados (aguacate, durazno, manzano, otros).

A. Presencia de frutales tropicales (limón, naranja, papaya).

V. Viveros gubernamentales o privados. El de Xiloxochico de la Tosepan es muy grande.

F. Patrón Fragmentado. Áreas de vegetación arbórea donde está rota la continuidad en el contacto o área cartográfica (bosque fragmentado) debido a procesos de

deforestación o donde se observan parcelas cubiertas de milpa o pastos relativamente muy pequeñas entre áreas arboladas; indicativos de alto disturbio.

I. Áreas con vegetación recientemente quemada (imágenes 2007-2008).

B. Relleno Sanitario.

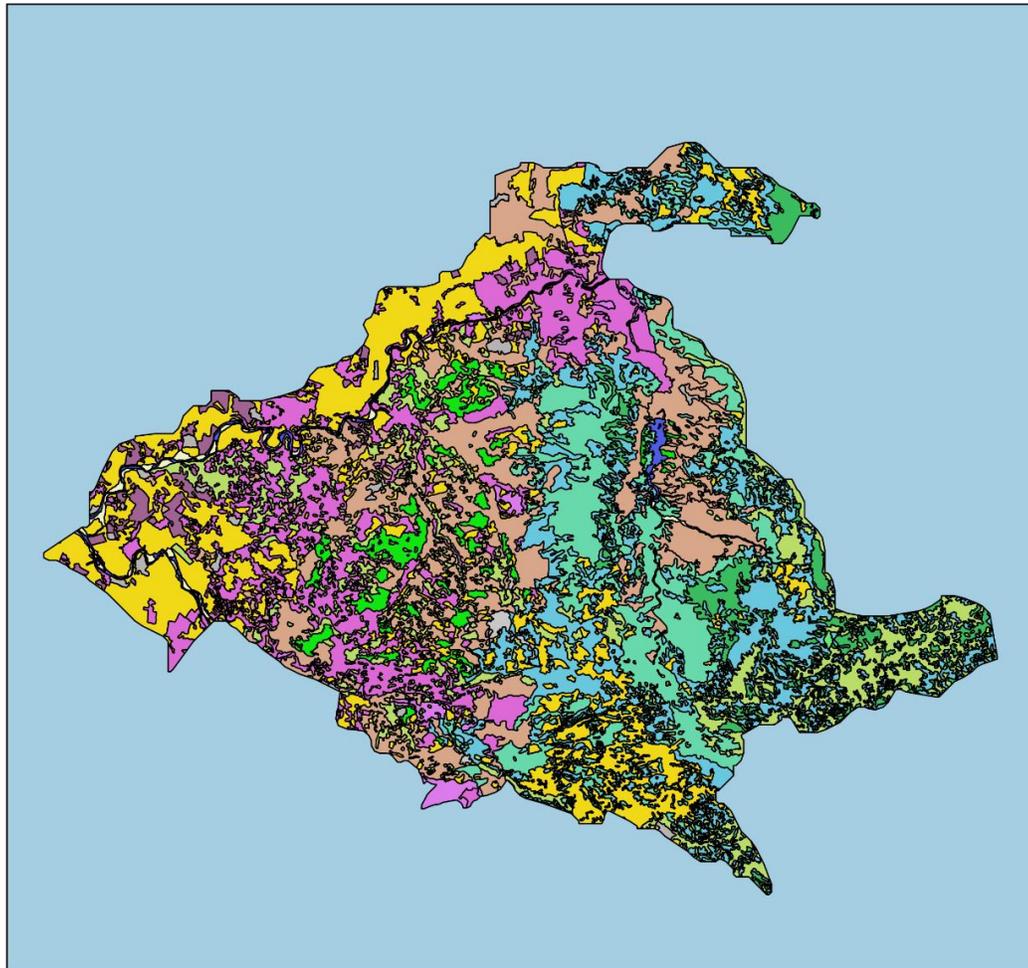
H. Hidroeléctrica Mazatepec

RESULTADOS

A) MAPAS

Se presentan adelante imágenes de los mapas obtenidos para el municipio de Cuetzalan. Para observar el mapa completo se necesitan los archivos originales en formato shape, ya que impreso, como se ha comentado, mide 1.43 x 2.14 m. Si Usted está interesado por favor, acuda a las oficinas del Cupreder.

MAPA DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN, SUBCUENCAS DE CUETZALAN, AÑO 2009.



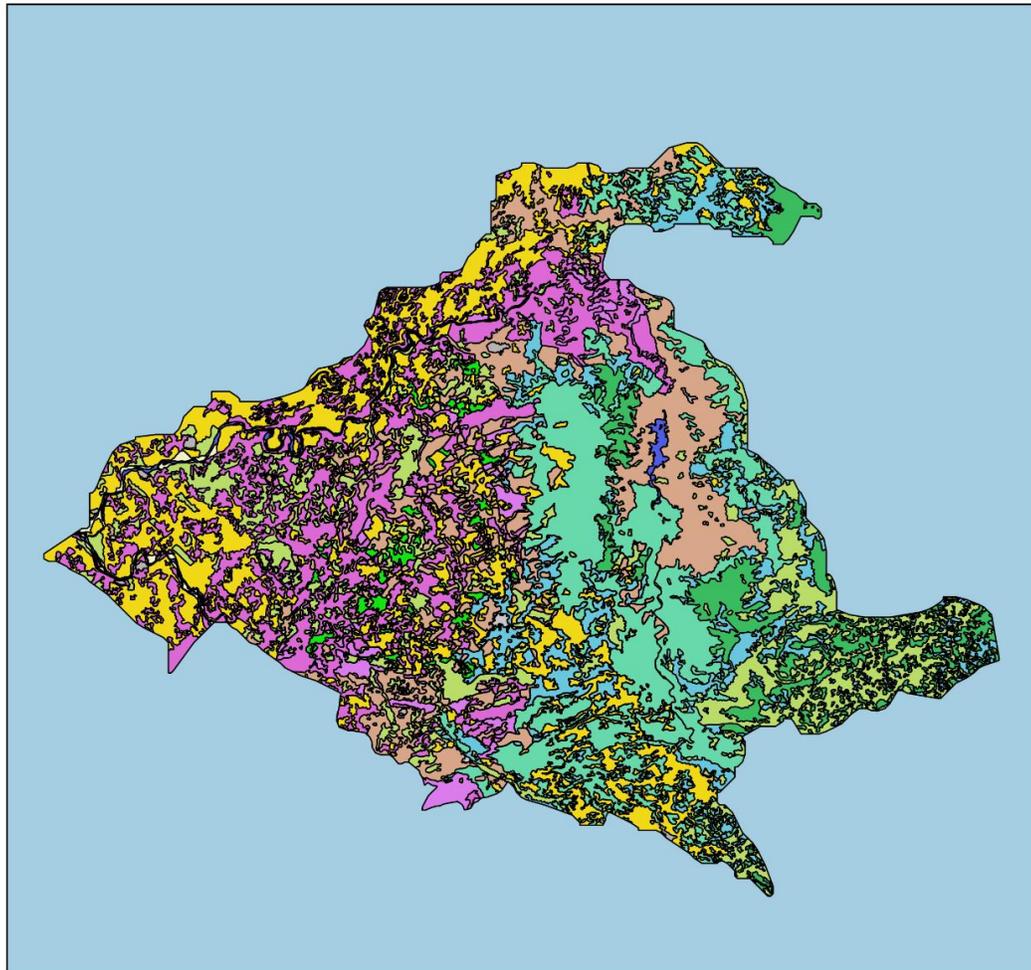
Leyenda

- simbolos
- cuenca_1979_9_dic
- cuenca_2009_9_dic
- 1 AGUA
- 2 SEDIMENTOS DE ARENAS Y GRAVAS
- 3 ZONAS URBANAS
- 4 ZONAS SUBURBANAS
- 5 FRUTALES TROPICALES
- 6 POLICULTIVO HERBACEO
- 7 PASTIZAL CULTIVADO
- 8 CAFETAL BAJO SOMBRA
- 9 POLICULTIVO ARBOREO
- 11 SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA
- 12 VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SMQ
- 13 BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA
- 14 VEGETACIÓN SECUNDARIA DE BMM
- 15 BOSQUE DE PINO
- 17 FRUTALES TEMPLADOS
- 18 DESLAVES
- 19 BOSQUES CULTIVADOS

Software QGIS
 Mapa original a escala 1:20,000
 Datum WGS84
 Esferoide WGS84
 Subcuencas Hidrográficas del Municipio de
 Cuetzalan del Progreso, Edo de Puebla, México
 Autor: Néstor Matamoros
 Elaborado para: CUPREDER
 2011

Mapa 1. Uso del suelo y vegetación, subcuencas Cuetzalan Año 2009 (Autor)

MAPA DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN, SUBCUENCAS DE CUETZALAN, AÑO 1979.



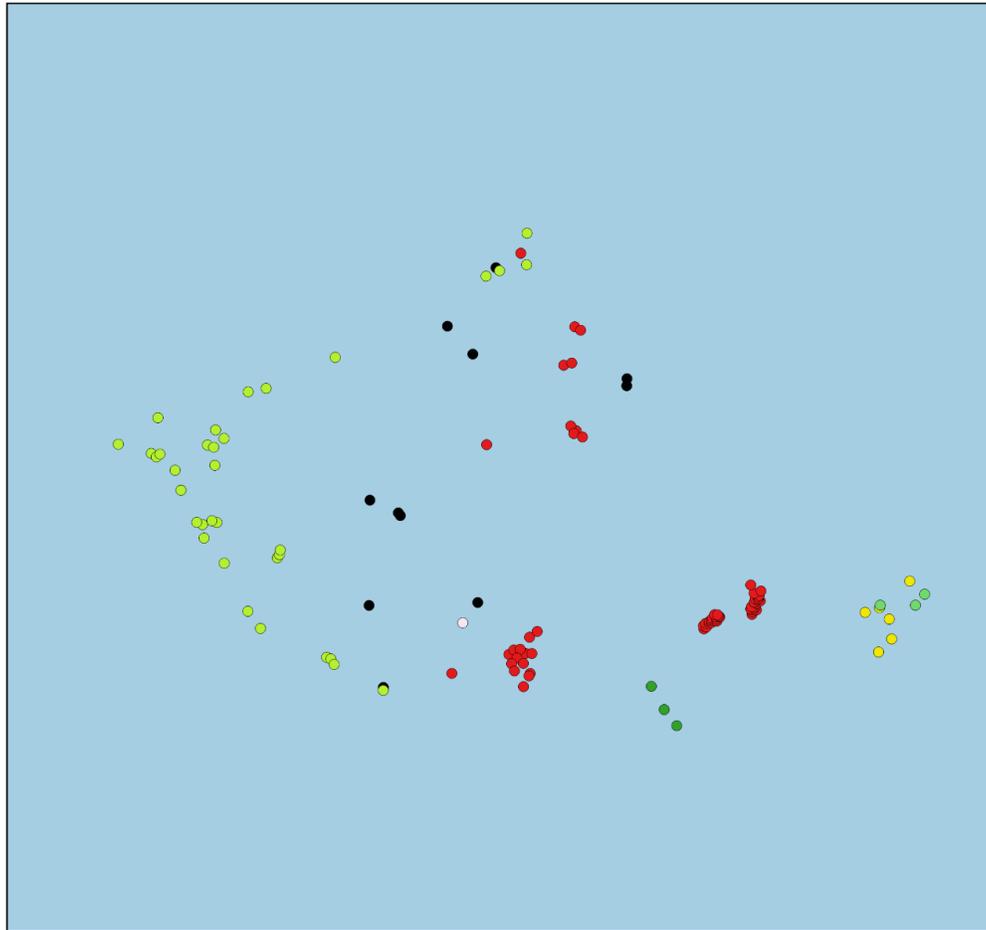
Leyenda

- simbolos
- cuenca_1979_9_dic
- 1 AGUA
- 2 SEDIMENTOS DE ARENAS Y GRAVAS
- 3 ZONAS URBANAS
- 4 ZONAS SUBURBANAS
- 5 FRUTALES TROPICALES
- 6 POLICULTIVO HERBACEO
- 7 PASTIZAL CULTIVADO
- 8 CAFETAL BAJO SOMBRA
- 9 POLICULTIVO ARBOREO
- 11 SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA
- 12 VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SMQ
- 13 BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA
- 14 VEGETACIÓN SECUNDARIA DE BMM
- 15 BOSQUE DE PINO
- 17 FRUTALES TEMPLADOS
- 18 DESLAVES
- 19 BOSQUES CULTIVADOS

Software QGIS
 Mapa original a escala 1:20,000
 Datum WGS84
 Esferoide WGS84
 Subcuencas Hidrográficas del Municipio de
 Cuetzalan del Progreso, Edo de Puebla, México
 Autor: Néstor Matamoros
 Elaborado para: CUPREDER
 2011

Mapa 2. Uso del suelo y vegetación, subcuencas Cuetzalan Año 1979. (Autor)

MAPA DE SUBCUENCAS DE CUETZALAN, SIMBOLOGIA PUNTUAL PARA ZONAS NO CARTOGRAFIALES



Leyenda

simbolos

- Areas recientemente quemadas
- Bosques riparios
- Erosión intensa
- Patrón fragmentado
- Presencia de Café al sol
- Presencia de Café bajo sombra
- Presencia de frutales templados
- Presencia de frutales tropicales
- Presencia de viveros
- ★ Ruina arqueológica
- Zona de pastizales inducidos
- Zona de Residuos
- Zona de restauración de suelos

Software QGIS

Mapa original a escala 1:20,000

Datum WGS84

Esferoide WGS84

Subcuencas Hidrográficas del Municipio de Cuetzalan del Progreso, Edo de Puebla, México

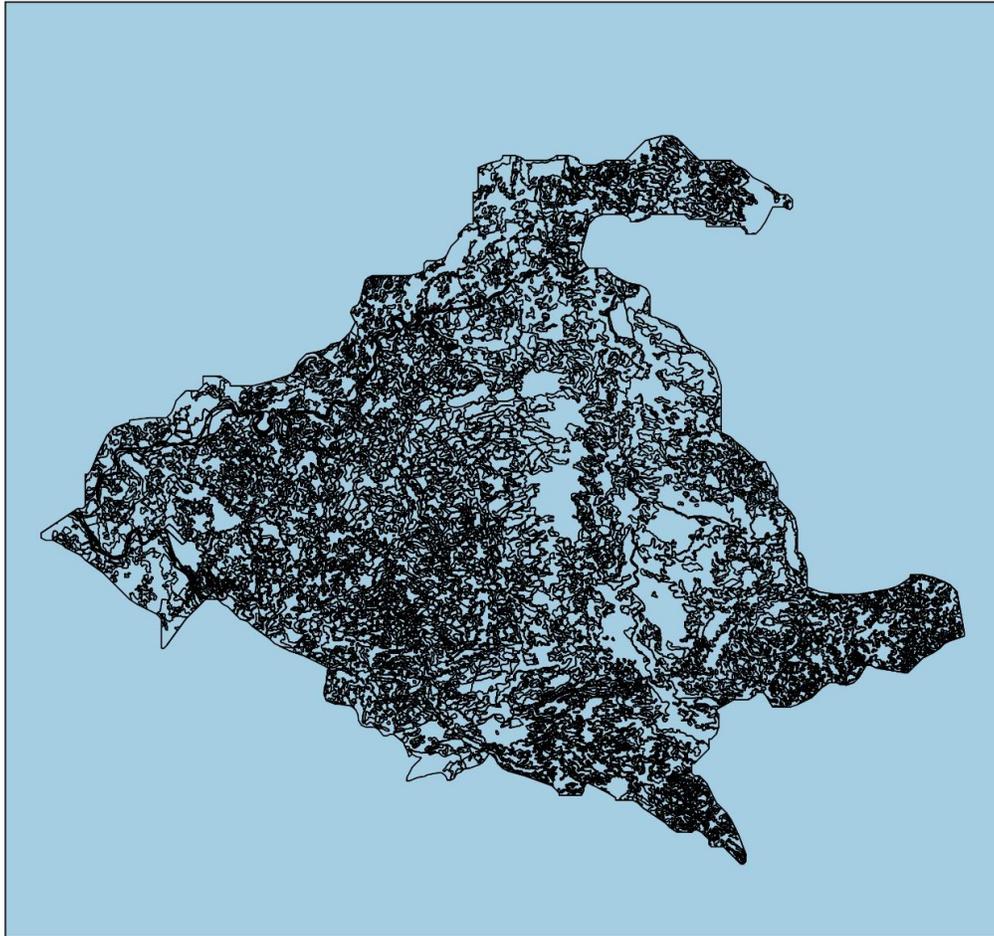
Autor: Méstor Matamoros

Elaborado para: CUPREDER

2011

Mapa 3. Simbología puntual del Uso del suelo y vegetación, subcuencas Cuetzalan Año 2009.

MAPA DE SUBCUENCAS DE CUETZALAN, CONTORNO DE LOS POLÍGONOS RESULTANTES DE LA TABULACIÓN CRUZADA



Leyenda

LA EXTENSIÓN DE LA LEYENDA EXCEDE EL ESPACIO DEDICADO A LA MISMA, RAZÓN POR LA CUAL SE REMITE AL LECTOR A LAS TABLAS EXCEL QUE CONTIENEN LOS RESULTADOS. PARA LA CONSULTA DEL MAPA EN FORMATO SHAPE SE SOLICITA MUY ATENTAMENTE AL INTERESADO A ESTABLECER CONTACTO CON EL CUPREDER.

Software QGIS
Mapa original a escala 1:20,000
Datum WGS84
Esferoide WGS84
Subcuencas Hidrográficas del Municipio de Cuetzalan del Progreso, Edo de Puebla, México
Autor: Néstor Matamoros
Elaborado para: CUPREDER
2011

Mapa 4. Subcuencas Cuetzalan. Contornos resultantes de la Tabulación Cruzada. Años 1979 versus 2009.

B) MAPA COMPARATIVO

Una vez concluida la digitalización de ambos mapas con el objeto de cruzarlos fueron transformados del datum WGS84 (EPSG 4326) a la Proyección Universal Transversa de Mercator, Esferoide WGS84, EPSG 32614, en formato digital shape, entonces fue posible cruzar ambos mapas entre sí, a través de una función de sistemas de información geográfica y una reclasificación cuyo diseño depende directamente del especialista, a continuación se describen ambas.

La tabulación cruzada

Es una función SIG (Crossing Tabulation) donde se genera una tabla de contingencia en la que las categorías del mapa 1979 se comparan con los del mapa 2009; el resultado de esta operación es una tabla con la tabulación de los totales en áreas. Tiene sentido dado que las categorías en los dos mapas muestran el mismo tipo de datos ; es decir: *río y cuerpos de agua, sedimentación de arenas y gravas, zonas urbanas, zonas suburbanas, selva mediana subperennifolia, vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, bosque mesófilo de montaña, vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, bosque de pino, frutales tropicales, frutales templados, policultivo herbáceo, policultivo arbóreo, pastizal cultivado y cafetal bajo sombra*. Los procesamientos citados se efectuaron en dos Sistemas de Información Geográfica: Idrisi y QGIS, las cifras de ambos fueron coincidentes.

La clasificación cruzada

Este punto es particularmente importante dado que da respuesta al planteamiento inicial de este trabajo intitulado “Dos mapas comparados”, *replanteo la pregunta: ¿cómo hacer el mapa comparativo de tal forma que refleje las tendencias de cambio requeridas en un ordenamiento territorial?* La respuesta es clasificando o tipificando los cambios encontrados, porque no es lo mismo que se haya perdido bosque para que ahora sea un jardín de café que una zona de pastos, no es lo mismo que antes era bosque y ahora es zona urbana, y así sucesivamente. *Esta clasificación es definitivamente clave en el estudio y depende del especialista que haga el análisis, también del enfoque que se busque en el trabajo.*

En este momento tenemos ya los dos mapas hechos con todo el rigor del cual ya se ha escrito bastante y ya se hizo la tabulación cruzada, ahora hay que “tipificar o clasificar este cruce de mapas, los cambios resultado de sobreponer ambos mapas, el 1979 versus 2009, con todas las combinaciones posibles.

Para lo anterior se realizó en principio una agrupación en las categorías siguientes: Permanencias, Deforestación, Incremento agropecuario, Urbanización, Recuperación Forestal, Cambios asociados a procesos riparios y/o escorrentías extremas; más una categoría de cambios no explicable o errores. Todo cuantificado.

A partir de la información arrojada por Idrisi, se establecen para cada tipo de uso del suelo o vegetación, una abreviatura, de acuerdo con el cuadro 3 siguiente:

ABREV.	Civ/Num	SIGNIFICADOS
AGUA	1	Agua (Río y Cuerpos de agua).
SEDM	2	Sedimentación de Arenas y Gravas.
ZURB	3	Zonas urbanas.
ZSUB	4	Zonas Suburbanas.
SMQP	11	Selva Mediana Subperennifolia.
SSMQ	12	Vegetación secundaria de Selva Mediana Subperennifolia.
BMMP	13	Bosque Mesófilo de Montaña.
SBMM	14	Vegetación secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña.
BPQA	15	Bosque de Pino.
FTRO	5	Frutales tropicales.
FTEM	17	Frutales templados.
PHER	6	Policultivo herbáceo.
PARB	9	Policultivo arbóreo.
PZCL	7	Pastizal cultivado.
CFBS	8	Cafetal bajo sombra
RECU	19	Bosques Cultivados
DFSV	1R	Declaves

Cuadro 3. Abreviaturas a utilizar en la tabla de contingencia. (Autor)

En el siguiente paso se crea una tabla de dos entradas, llamada de contingencia, en la cual se anotan todas las posibles combinaciones entre los años 1979 y 2009.

La lectura de esta tabla se sugiere como en el ejemplo siguiente: “era BMMP en 1979 y paso a ser en 2009 ZURB” tiene entonces la clave: 13 | 3.

		AGUA	SEDM	ZURB	ZSUB	SMQP	SSMQ	BMMP	SBMM	BPQA	FTRO	FTEM	PHER	PARB	PZCL	CFBS	RECU	DFSV
	1980 → 2009 ↓	1	2	3	4	11	12	13	14	15	5	17	6	9	7	8	19	1R
AGUA	1	1 1	2 1	3 1	4 1	11 1	12 1	13 1	14 1	15 1	5 1	17 1	6 1	9 1	7 1	8 1	19 1	1R 1
SEDM	2	1 2	2 2	3 2	4 2	11 2	12 2	13 2	14 2	15 2	5 2	17 2	6 2	9 2	7 2	8 2	19 2	1R 2
ZURB	3	1 3	2 3	3 3	4 3	11 3	12 3	13 3	14 3	15 3	5 3	17 3	6 3	9 3	7 3	8 3	19 3	1R 3
ZSUB	4	1 4	2 4	3 4	4 4	11 4	12 4	13 4	14 4	15 4	5 4	17 4	6 4	9 4	7 4	8 4	19 4	1R 4
SMQP	11	1 11	2 11	3 11	4 11	11 11	12 11	13 11	14 11	15 11	5 11	17 11	6 11	9 11	7 11	8 11	19 11	1R 11
SSMQ	12	1 12	2 12	3 12	4 12	11 12	12 12	13 12	14 12	15 12	5 12	17 12	6 12	9 12	7 12	8 12	19 12	1R 12
BMMP	13	1 13	2 13	3 13	4 13	11 13	12 13	13 13	14 13	15 13	5 13	17 13	6 13	9 13	7 13	8 13	19 13	1R 13
SBMM	14	1 14	2 14	3 14	4 14	11 14	12 14	13 14	14 14	15 14	5 14	17 14	6 14	9 14	7 14	8 14	19 14	1R 14
BPQA	15	1 15	2 15	3 15	4 15	11 15	12 15	13 15	14 15	15 15	5 15	17 15	6 15	9 15	7 15	8 15	19 15	1R 15
FTRO	5	1 5	2 5	3 5	4 5	11 5	12 5	13 5	14 5	15 5	5 5	17 5	6 5	9 5	7 5	8 5	19 5	1R 5
FTEM	17	1 17	2 17	3 17	4 17	11 17	12 17	13 17	14 17	15 17	5 17	17 17	6 17	9 17	7 17	8 17	19 17	1R 17
PHER	6	1 6	2 6	3 6	4 6	11 6	12 6	13 6	14 6	15 6	5 6	17 6	6 6	9 6	7 6	8 6	19 6	1R 6
PARB	9	1 9	2 9	3 9	4 9	11 9	12 9	13 9	14 9	15 9	5 9	17 9	6 9	9 9	7 9	8 9	19 9	1R 9
PZCL	7	1 7	2 7	3 7	4 7	11 7	12 7	13 7	14 7	15 7	5 7	17 7	6 7	9 7	7 7	8 7	19 7	1R 7
CFBS	8	1 8	2 8	3 8	4 8	11 8	12 8	13 8	14 8	15 8	5 8	17 8	6 8	9 8	7 8	8 8	19 8	1R 8
RECU	19	1 19	2 19	3 19	4 19	11 19	12 19	13 19	14 19	15 19	5 19	17 19	6 19	9 19	7 19	8 19	19 19	1R 19
DFSV	1R	1 1R	2 1R	3 1R	4 1R	11 1R	12 1R	13 1R	14 1R	15 1R	5 1R	17 1R	6 1R	9 1R	7 1R	8 1R	19 1R	1R 1R

Cuadro 4. Tabla de contingencia. (Autor)

A continuación, se revisan los valores que cada clave tiene, por supuesto que hay claves que no se van a dar, porque son cambios “imposibles”, por ejemplo, que era zona urbana y ahora es bosque primario. Y todos los valores tanto en pixeles como en área (se eligió kilómetros cuadrados) se llenan, como sigue:

Valores de Origen en IDRISI		NOTA: Cero son los valores fuera del polígono creados automáticamente en IDRISI para completar la matriz, estos valores no son considerados en cuenta.														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 Total	
0	624.573					0.0004	0.0003	0.0002				0.0002	0.0006		624.5747	
1	2.7955	0.568		0.0007	0.0129	0.139	0.139	0.0412			0.0053	0.0993	0.0091		3.671	
2	0.5959	2.0334		0.0024	0.0758	0.5112	0.2844				0.0706	0.5149	0.3393	0.0269	4.4548	
3			0.5299		0.0496	0.1016	0.2676	0.0395				0.0002		0.4677	1.4561	
4	0.0001	0.0027	0.004	1.6323	0.1324	0.5458	0.4813	0.0356				0.8328		0.0509	3.7179	
5	0.005	0.0037		0.0005	2.3857	3.4056	0.1335					2.302		0.0015	8.2375	
6	0.0056	0.0217		0.0017	31.8877	7.002	3.3004	0.0785	0.3682	6.9948	2.8428	6.9948	2.8428	5.1848	2.5558	
7	0.0001	0.0551	0.1861	0.002	6.5861	57.3336	2.2365	0.029	0.4458	14.5017	6.626	14.5017	6.626	4.9624	93.1904	
8	0.0001	0.0133	0.0142	0.0008	0.0061	7.8464	8.4927	50.6771	0.1013	1.321	17.3494	4.1996	3.0775	0.1065	93.206	
9	0.0011			0.001	1.8069	1.2375	3.8602	5.4004		0.0978	1.4705			0.1189	13.9943	
10	0.0001	0.0005			0.1329	0.0529	0.366			4.3033	0.0219	0.0957			4.9734	
11	0.0003	0.0375	0.1227	0.0001	7.6825	9.3345	4.0603	0.0186	5.3829	37.7665	0.5116	37.7665	0.5116	0.3157	65.2332	
12	0.0001	0.0181	0.0118	0.0016	0.265	0.2621	1.7772		0.0039	0.0096	0.0096	56.5642	0.4436	0.4436	60.5756	
13	0.0005	0.0037		0.0018	12.8761	8.3213	2.4814		0.2776	0.7563	14.5721	26.1809	6.524	71.9957	71.9957	
14	0.0001				0.828	0.0024	0.0188					0.0538	0.3537	18.241	19.4978	
15					0.0763	0.001							0.03	0.0525	0.1598	
16					0.0543	0.0004	0.0284			0.0424	0.004		0.0523	0.0217	0.2035	
17					0.0001										0.0342	
18															0.0342	
19															0.0342	
Total	624.5744	3.5336	2.9661	0.5341	1.6468	72.6991	96.7439	70.0145	5.7029	12.3188	82.6241	82.6241	85.8671	41.2362	28.9584	

Cuadro 5. Tabla de contingencia con resultados en kilómetros cuadrados. (Autor)

Más adelante los valores aparecen redondeados a dos decimales, a efecto de manejar cifras más cortas. En la diagonal están las permanencias. A continuación, se establece la “Tipificación de los cambios”, las claves y valores aparecen en las páginas siguientes.

	AGUA	SEDIM	ZURB	ZSUB	SMQP	SSMQ	BMMP	SBMM	BPQA	FTRO	FTEM	PHER	PARB	PZCL	CFBS	RECU	DESV
	1	2	3	4	11	12	13	14	15	5	17	6	9	7	8	19	18
1980																	
→																	
2009↓																	
AGUA 1	AG	SR	ER														
SEDIM 2	SR	SD	ER	ER	D5	ER	ER										
ZURB 3	ER	ER	ZU	U1	ER	ER											
ZSUB 4	ER	ER	ER	ZU	U1	ER	ER										
SMQP 11	ER	ER	ER	ER	SM	R2	ER	ER	ER	R3	R3	R3	R3	R3	R3	ER	ER
SSMQ 12	ER	ER	ER	ER	D1	VS	D1	R4	ER	R3	R3	R3	R3	R3	R3	ER	D4
BMMP 13	ER	ER	ER	ER	ER	ER	BM	R2	ER	R3	R3	R3	R3	R3	R3	ER	D4
SBMM 14	ER	ER	ER	ER	D1	ER	D1	VS	D1	R3	R3	R3	R3	R3	R3	ER	D4
BPQA 15	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	R2	BP	R3	R3	R3	R3	R3	R3	ER	D4
FTRO 5	ER	ER	ER	ER	D2	D2	D2	D2	I4	FC	I4	I4	I4	I4	I4	ER	ER
FTEM 17	ER	ER	ER	ER	D2	D2	D2	D2	I4	FC	I4	I4	I4	I4	I4	ER	ER
PHER 6	ER	ER	ER	ER	D2	D2	D2	D2	I3	I3	MZ	I3	I3	I3	ER	ER	ER
PARB 9	ER	ER	ER	ER	D2	D2	D2	D2	I1	I1	I1	JC	I1	I1	ER	ER	ER
PZCL 7	ER	ER	ER	ER	D3	D3	D3	D3	I5	I5	I5	I5	I5	PC	I5	ER	ER
CFBS 8	ER	ER	ER	ER	D2	D2	D2	D2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	CF	ER	ER
RECU 19	ER	ER	ER	ER	R1	OT	ER										
DESV 18	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	OT

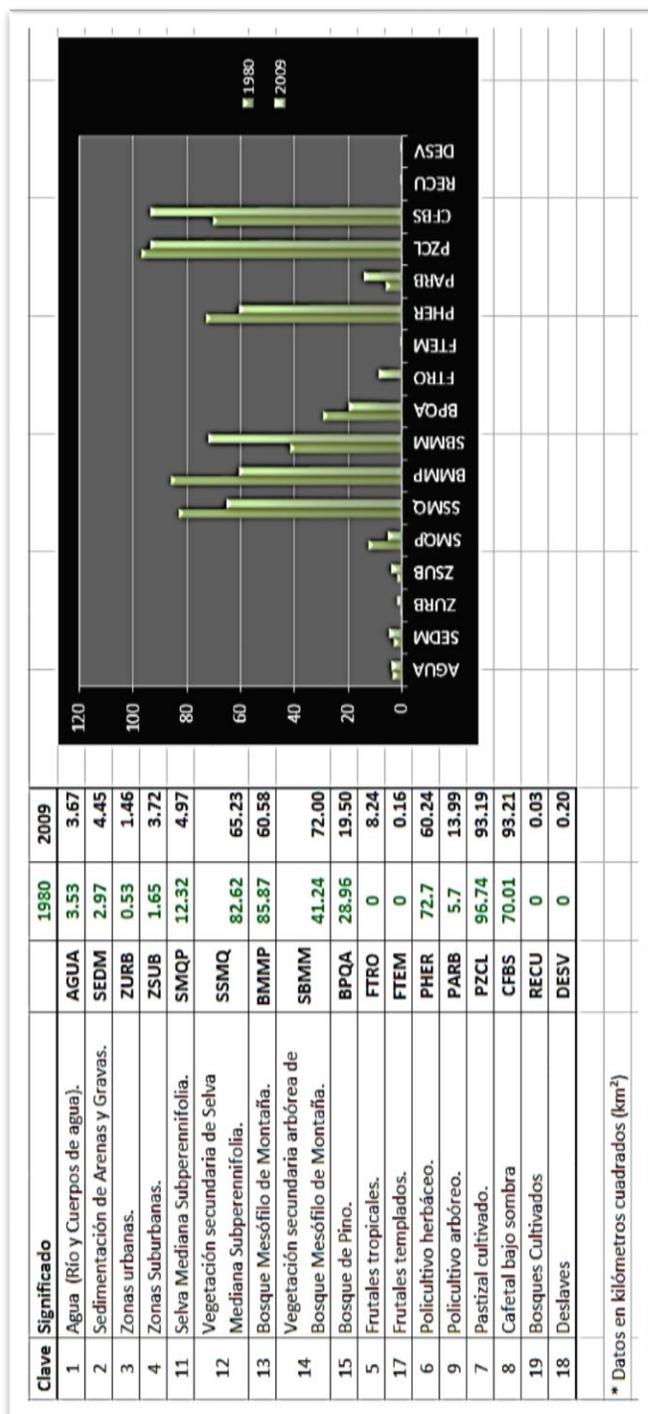
Cuadro 6. Tipificación de la tabulación cruzada (Autor)

Cuadro 7. Tipificación de la Tabulación Cruzada (Cuantificación) (Autor)

km ²		PERMANENCIAS=295.34
18.24	BP	Status quo de condiciones Primarias de Bosques de Pino-Encino-Alnus
56.56	BM	Status quo de condiciones Primarias de Bosques Mesófilos
4.30	SM	Status quo de condiciones Primarias de Selvas Medianas Subperennifolias
63.95	VS	Status quo de condiciones Secundarias de Vegetación Arborea -Bosques y Selvas-
2.16	ZU	Status quo de Zonas Urbanas y Suburbanas
2.03	SD	Status quo de áreas con Sedimentos
0.00	FC	Status quo de áreas con frutales tropicales y templados -Predominan Citricos-
31.89	MZ	Status quo de policultivo herbáceo (Maíz, Frijol)
5.40	JC	Status quo de policultivo arbóreo (Jardines de Café)
57.33	PC	Status quo de Pastizales Cultivados
50.68	CF	Status quo de Cafetales bajo sombras diversas
2.80	AG	Status quo de Cuerpos de Agua
0.00	OT	Status quo de otros - B. Cultiv. & Deslaves
		DEFORESTACIÓN=99.15
27.26	D1	Pérdida de Selvas o Bosques Primarios que pasan a ser Vegetación Secundaria Arbórea
45.35	D2	Pérdida de Vegetación Primaria o Secundaria Arbórea que pasan a ser Agricultura
26.54	D3	Pérdida de Vegetación Primaria o Secundaria Arbórea que pasan a ser Pastizales Cultivados
0.00	D4	Pérdida de Suelos y Vegetación por procesos de Deslave
		INCREMENTO AGROPECUARIO=51.55
6.91	I1	Incremento de áreas dedicadas a los Policultivos arbóreos
16.55	I2	Incremento de áreas dedicadas al Cultivo del Cafeto
12.94	I3	Incremento de áreas dedicadas a los Policultivos herbáceos
6.06	I4	Incremento de áreas dedicadas a los Cultivos Tropicales -Citricos- o templados.
9.09	I5	Incremento de áreas de pastizales cultivados -Ganaderización-
		URBANIZACIÓN=3.01
3.01	U1	Incremento de Zonas urbanas o suburbanas
		RECUPERACION FORESTAL=49.64
0.03	R1	Áreas con Bosques Cultivados
0.81	R2	Áreas de Selva o Bosque Secundarios que pasaron a Primarias
48.48	R3	Pérdida de áreas agrícolas o pecuarias que pasan a ser Vegetación Secundaria o Primaria -Arbóreas-
0.32	R4	Incremento por competencia intraespecífica de Vegetación Secundaria de Selva
		Cambios asociados a procesos riparios y/o de escorrentías extremas=2.99
1.82	D5	Representan la pérdida de algún tipo de vegetación con sedimentos de arenas y gravas
1.17	SR	Movimientos del río sobre sedimentos y viceversa
		ERRORES=3.17
3.17	ER	No aplican o bien son errores.

Los valores ahora permiten la lectura comparada.

En la siguiente tabla con su gráfica respectiva es posible ver lo que paso con las clases principales. Cuento era, cuanto hay o queda de cada clase. Cada dato da entrada a la reflexión, a las preguntas, a la búsqueda de explicaciones.



* Datos en kilómetros cuadrados (km²)

Cuadro 8.- Cambios en superficie de cada clase de uso del suelo y vegetación. (Autor)

		PERMANENCIAS																		Totales				
		BP	BM	SM	YS	ZU	SD	FC	MZ	SC	PC	AG	OT	DEFORESTACION	INC	IC2	IC3	IC4	IC5	URB	REC	D6	SRI	ERR
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1990	2003	AGUA	SEDM	ZURB	ZSUB	SMQP	SSMQ	BMMP	SEMM	BPQA	FTRO	M	PHR	PARB	PZOL	CFBS	REC	D6	SRI	ERR				
		2.80	0.57	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.14	0.04								
		0.50	2.03	0.53	0.00	0.07	0.51	0.34	0.03	0.47	0.05	0.05	0.05	0.04	0.10	0.27								
		0.00	0.00	0.00	1.63	0.02	0.02	0.00	0.05	0.05	0.13	0.13	0.13	0.04	0.05	0.48								
		0.04	0.12	0.00	0.00	5.38	37.77	0.51	0.22	1.22	7.68	0.82	0.82	0.25	4.96	85.23								
		0.00	0.01	0.00	0.00	0.76	0.00	0.01	0.44	0.57	0.27	0.27	0.27	0.26	1.78	72.00								
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.44	0.57	0.27	0.27	0.27	0.26	1.78	72.00								
		0.01	0.00	0.00	0.00	2.38	0.00	0.05	0.28	18.24	3.53	3.53	3.53	3.41	0.15	0.34								
		0.01	0.02	0.00	0.00	0.37	5.53	2.64	5.16	2.56	31.63	0.83	0.83	0.60	3.38	60.24								
		0.00	0.19	0.00	0.00	0.16	1.17	0.12	2.56	1.81	5.49	1.24	3.86	15.99	15.99									
		0.06	0.01	0.00	0.00	0.45	14.50	6.53	4.36	0.23	6.53	0.83	57.33	2.24	50.19									
		0.01	0.00	0.00	0.01	1.32	17.35	4.28	3.08	0.11	0.80	0.80	6.49	54.63	50.21									
						0.04	0.00	0.05	0.02		0.05	0.05	0.00	0.03	0.03									
		3.53	2.57	0.53	1.85	12.32	82.82	86.87	41.24	28.36	72.70	5.70	86.74	70.01	504.85									

NOTAS ACLARATORIAS:
 * Cruzamiento raster. Los píxeles generan un error estimado en menos de 1% el cual se reparte de manera proporcional.
 * Datos en kilómetros cuadrados (km²)
 * Totales provienen del dato vector en ArcView, el cual es apenas más exacto que el raster.
 * Resultado Raster (float) anotado a dos decimales.

Cuadro 9.-
 Resultados de
 la tipificación
 de los
 cambios.
 (Autor)

CONCLUSIONES

Para estudiar el medio ambiente, la visión temporal es una herramienta muy apreciable al permitir ver las tendencias de cambio en el uso del suelo y vegetación, pero para que estos estudios sean posibles es necesario en principio contar con un insumo adecuado que en nuestro caso es la imagen aérea y/o espacial, nuestro país cuenta con fotografías aéreas que permiten abordar estudios retrospectivos de manera sobresaliente.

El buen tomador de decisiones durante un proyecto de ordenamiento ecológico o territorial busca contar con resultados derivados de la comparación de mapas, precisamente porque le permiten ver los cambios plasmados al compararlos, pero no puede verlo en una perspectiva de trabajo individual pues el profesional de las ramas biológicas, si bien durante su formación adquiere el manejo de tecnologías de la información geográfica, en definitiva tiene que abordar estos estudios de preferencia bajo un enfoque interdisciplinario y aplicando la resolución de problemas diversos con un equipo adecuado en el cual los topógrafos, geógrafos, informáticos, geobotánicos, son indispensables.

Aunado a lo anterior, ciertamente es posible establecer una metodología y seguirla con el objetivo de prescindir de los especialistas una vez que metodológicamente se ha realizado, pero debe considerar que las tecnologías cambian constantemente y pronto los insumos y las tecnologías de la información geográfica en todos sentidos requieren de capacitación y experimentación constante.

Es notorio que abordar bajo una perspectiva interdisciplinaria y compleja un estudio de cambios de uso del suelo y vegetación para favorecer el trabajo del tomador de decisiones debe ser el objetivo de quienes elaboran estos mapas -así lo deja ver en este estudio de caso el Cupreder, quien es el mayor usuario de los resultados-

El elaborador del estudio comparativo, aunque no es el usuario final, debe sin lugar a dudas ofertar un producto que permita los mejores resultados que redundan a fin de cuentas en la protección del medio ambiente y fomentan políticas diversas a su favor.

BIBLIOGRAFÍA

Aguiló, M., et al. 1991. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología*. Series Monografías, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Madrid, España. 3ª ed. 1995. (Capítulo VIII. Vegetación)

Breedlove, Dennis E., 1981. *Introducción a la Flora de Chiapas. Flora de Chiapas*. Parte 1. Academia de Ciencias de California. USA.

Budowski G. s/f. *La Clasificación de comunidades vegetales*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 24 pp (Escrito a Máquina)

Challenger A. 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Editores: CONABIO. Instituto de Biología, UNAM. Agrup. Sierra Madre, S.C. México.

Chuvieco, E. 2010. *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Ed. Ariel Ciencia. España-

Cupreder. 2018a. *Misión*. Recuperado de <http://www.Cupreder.buap.mx/>

Cupreder. 2018b. *Inicio*. Recuperado de <https://es-la.facebook.com/Cupreder>

Digital Globe. 2018. *WorldView-3*. Recuperado de <http://mundogeo.com/es/blog/2014/11/06/ponen-a-disposicion-imagenes-de-30-cm-del-nuevo-satelite-worldview/>

Eastman, J.R. 2012. *Idrisi Selva, Guía para SIG y procesamiento de Imágenes*. Ed. Universidad de Clark. EUA. Recuperado de <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/IDRISI-Selva-Spanish-Manual.pdf>

Encarta 2009a. *Tierra*. Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Encarta 2009b. *Fractal*. Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Fundación ICA. *Nuestro acervo*. Recuperado de http://www.fundacion-ica.org.mx/nuestro_acervo

FAO, 1999. *Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra (LCCS)*. Ed. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5232e.pdf>

Gaceta del Gobierno del Estado de México, 2007. *Programa de Ordenamiento Ecológico y por Riesgo Eruptivo del volcán Popocatepetl y su zona de influencia*. Estado de México

Recuperado de <http://dgoia.edomex.gob.mx/sites/dgoia.edomex.gob.mx/files/files/MOE%20VOLCAN%20POPOCATEPETL.pdf>

García de Miranda, Enriqueta. 1981. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen*. 3ª edición UNAM. México

González Quintero (1974) *Tipo de Vegetación de México*. In *El Escenario Geográfico, Recursos Naturales. México panorama histórico y cultural II*. SEP - INAH

Google Official blog. Recuperado de <https://googleblog.blogspot.com/2011/10/google-earth-downloaded-more-than-one.html>

INEGI. 1996. *Cuaderno Estadístico Municipal de Cuetzalan del Progreso*. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1334/702825926984/702825926984_1.pdf

INEGI 2009. Recuperado de Consulta directa en <http://mapserver.inegi.org.mx/map/visortoDx/visor.html?s=geo&c=1086>

INEGI. 2017. *INEGI presenta la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie 6*. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2017/especiales/especiales2017_12_01.pdf

INEGI. 2018. *Red Geodésica Nacional Activa*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/rgna.aspx?p=22>

Johnson P. L. 1971. *La sensibilidad a distancia como instrumento para el estudio y la administración de ecosistemas*. In: Odum E. P. 1971. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana. México, D. F. 3ª. Edición p 515.533.

Lillesand T.M. y R.W.Kiefer. 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and sons. Inc. USA. 621pp.

Mundo Fractal. Autosimilitud 2018. Recuperado de <http://www.asociacionceat.org/aw/2/autosimilitud.htm>

Miranda F. y E. Hernández X. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Bol. Soc. Bot. Mex. 28: 29-179.

Nolasco 1985; Moguel y Toledo 1999 in *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R. H.; Hernández-Ortiz V., Gallina, S. y Mehlreter K. 2008. INECOL

Pennington, T.D. y J. Sarukhan. 1968. *Manual para la identificación de campo de los principales Árboles Tropicales de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y FAO. México, D. F. .

Periódico Oficial del 3 de diciembre de 2010. *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Cuetzalan del Progreso*. Gobierno Constitucional del Estado de Puebla.

Puig H. 1976. *Vegetation de la Huasteca, Mexique*. Mission Archeologique et Ethnologique Francaise au Mexique. México. 541 pp.

Rzedowki J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D. F. 432 pp.

Rzedowski J. y R. McVaugh. 1966. *La Vegetación de Nueva Galicia*. Contributions from the University of Michigan Herbarium. Tome 9, Num. 1-123. University Herbarium, University of Michigan. Ann Arbor, Michigan. U. S.A.

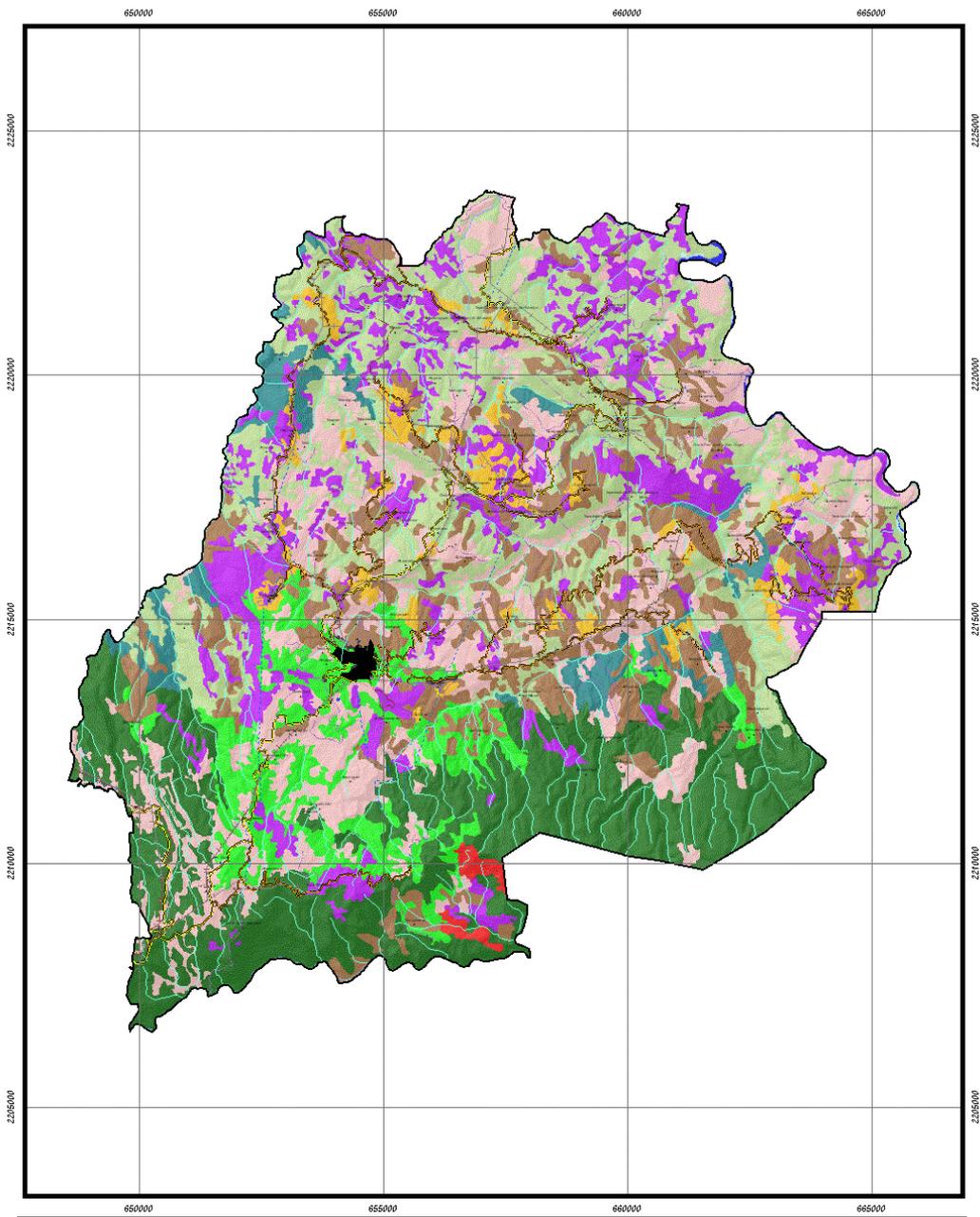
Secretaría de Gobernación. 2018. *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/index.html>

Tosepan. 2018. *Inicio*. Recuperado de <http://www.tosepan.com/>

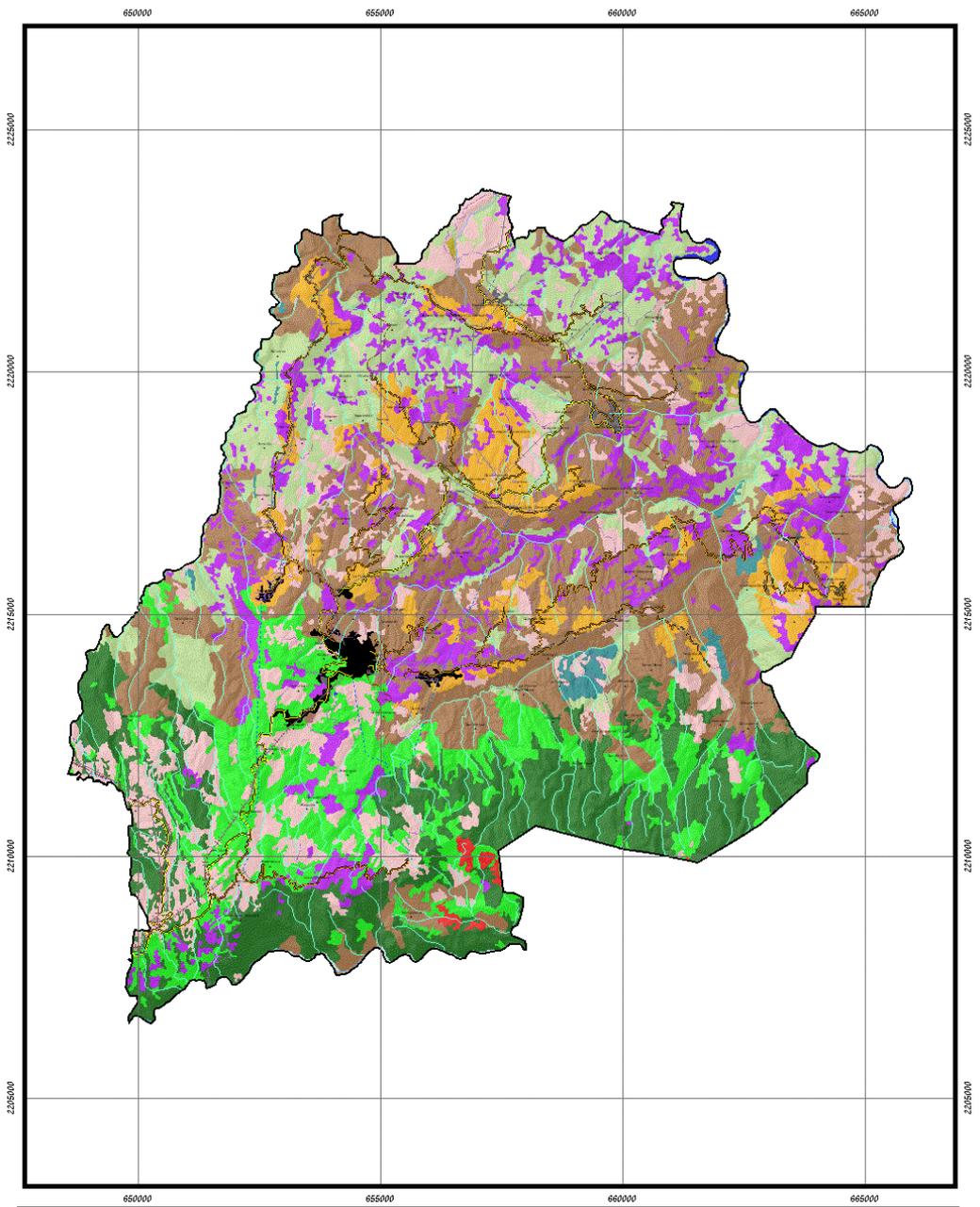
Virginia Evangelista Oliva, Jorge López Blanco, Javier Caballero Nieto y Miguel Ángel Martínez Alfaro. 2009. *Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 72, 2010, pp. 23-38.

Universidad de Murcia. 2007. *Conceptos de Geodesia*. Recuperado de http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node5_mn.html

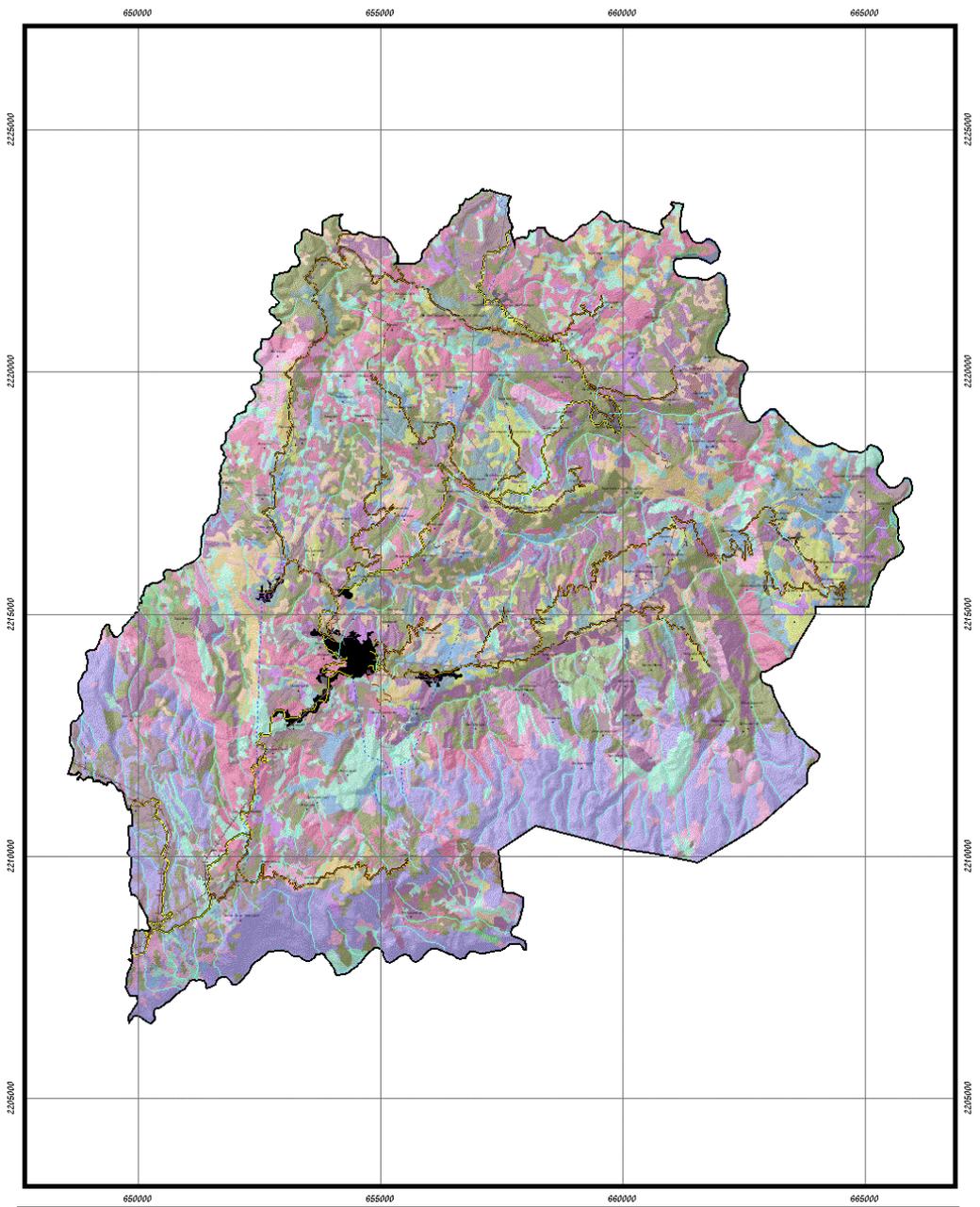
ANEXO:
**Mapas editados, finales, preparados por el Cupreder a partir de la entrega y
que forman parte del contenido del Ordenamiento.
(Cortesía Cupreder).**



<p>Municipio</p> <p>▭ Cuetzalan del Progreso</p> <p>Cuerpos de agua</p> <p>■ Agua</p> <p>Área urbana</p> <p>■ Zona urbana</p> <p>■ Zona suburbana</p> <p>Localidades</p> <p>• Localidad</p> <p>Líneas de transmisión</p> <p>— Una línea de postera sencilla</p>	<p>Línea de comunicación</p> <p>— Telefónica</p> <p>— Telegráfica</p> <p>Hidrología superficial</p> <p>— Intermitente</p> <p>— Perenne</p> <p>Carretera</p> <p>— Pavimentada</p> <p>— Terracería</p> <p>— Acueducto</p> <p>— Subterráneo</p> <p>Camino</p> <p>— Brecha</p> <p>— Vereda</p>	<p>■ Agua (Río y cuerpos de agua)</p> <p>■ Bosque de pino</p> <p>■ Bosque mesófilo de montaña (Monte alto)</p> <p>■ Cafetal bajo sombra</p> <p>■ Frutales tropicales</p> <p>■ Pastizal cultivado (Ixtauat o potrero)</p> <p>■ Policultivo arbóreo (Kusajtkloyan)</p> <p>■ Policultivo herbáceo (Milpa o milpa)</p> <p>■ Sedimentación de arenas y gravas</p> <p>■ Selva mediana subperennifolia</p> <p>■ Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña (Vegetación secundaria de monte alto)</p> <p>■ Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia (Acahual)</p> <p>■ Zona suburbana</p> <p>■ Zona urbana (A Itzempet)</p>	<p>Cuetzalan</p> <p>Puebla GOBIERNO DEL ESTADO</p> <p>Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla</p> <p>Uso de suelo y vegetación 1979</p>
--	--	--	--



<p>Municipio</p> <p>□ Cuetzalan del Progreso</p> <p>Cuerpos de agua</p> <p>■ Agua</p> <p>Área urbana</p> <p>■ Zona urbana</p> <p>■ Zona suburbana</p> <p>Localidades</p> <p>• Localidad</p> <p>Líneas de transmisión</p> <p>— Una línea de postera sencilla</p>	<p>Línea de comunicación</p> <p>— Telefónica</p> <p>— Telegráfica</p> <p>Hidrología superficial</p> <p>— Intermitente</p> <p>— Perenne</p> <p>Carretera</p> <p>— Pavimentada</p> <p>— Terracería</p> <p>— Acueducto</p> <p>— Subterráneo</p> <p>Camino</p> <p>— Brecha</p> <p>— Vereda</p>	<p>■ Agua (Río y cuerpos de agua)</p> <p>■ Bosque de pino</p> <p>■ Bosque mesófilo de montaña (Monte alto)</p> <p>■ Cafetal bajo sombra</p> <p>■ Frutales tropicales</p> <p>■ Pastizal cultivado (Ixtauat o potrero)</p> <p>■ Policultivo arbóreo (Kusajtkloyan)</p> <p>■ Policultivo herbáceo (Milpa o milpa)</p> <p>■ Sedimentación de arenas y gravas</p> <p>■ Selva mediana subperennifolia</p> <p>■ Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña (Vegetación secundaria de monte alto)</p> <p>■ Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia (Acahual)</p> <p>■ Zona suburbana</p> <p>■ Zona urbana (Attepete)</p>	<p>Cuetzalan</p> <p>Puebla GOBIERNO DEL ESTADO</p> <p>Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla</p> <p>Uso de suelo y vegetación 2009</p>
--	--	--	--



<p>Municipio</p> <p>▭ Cuetzalan del Progreso</p> <p>Cuerpos de agua</p> <p>■ Agua</p> <p>Área urbana</p> <p>■ Zona urbana</p> <p>■ Zona suburbana</p> <p>Localidades</p> <p>• Localidad</p> <p>Lineas de transmisión</p> <p>— Una línea de posteria sencilla</p>	<p>Línea de comunicación</p> <p>— Telefónica</p> <p>— Telegráfica</p> <p>Hidrología superficial</p> <p>— Intermittente</p> <p>— Perenne</p> <p>Carretera</p> <p>— Pavimentada</p> <p>— Terracería</p> <p>Acueducto</p> <p>— Subterráneo</p> <p>Camino</p> <p>— Brecha</p> <p>— Vereda</p>	<p>Incremento de zonas urbanas o suburbanas</p> <p>Incremento de áreas de pastoreo caballar (San Andrés)</p> <p>Incremento de áreas dedicadas a la Producción agrícola</p> <p>Incremento de áreas dedicadas a la Producción forestal</p> <p>Incremento de áreas dedicadas a la Producción ganadera</p> <p>Incremento por conservación (conservación de la biodiversidad)</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser V</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser A</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser B</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser C</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser D</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser E</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser F</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser G</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser H</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser I</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser J</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser K</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser L</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser M</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser N</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser O</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser P</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser Q</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser R</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser S</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser T</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser U</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser V</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser W</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser X</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser Y</p> <p>Áreas de Ecosistemas o Bosques Primarios que pasan a ser Z</p>	<p>Tipificación 1979 - 2009</p>
---	--	--	--