

Centro Queretano de Recursos Naturales

Reporte Técnico 3

Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Sur Del estado de Querétaro



CONCYTEQ

Octubre del 2001

Centro Queretano de Recursos Naturales

Reporte Técnico 3

Uso del Suelo y Vegetación De la Zona Sur Del Estado de Querétaro

Dr. Rolando R. García Daguer (Coordinador)
Ing. José Guadalupe Valtierra
Biol. Armando Bayona Celis
Dr. Roberto de la Llata Gómez



CONCYTEQ

Octubre de 2001

Ing. Ignacio Loyola Vera
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO

Dr. Gabriel Siade Barquet
SECRETARIO DE EDUCACION

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL ESTADO DE QUERETARO

Dr. Alejandro Lozano Guzmán
DIRECTOR GENERAL

D.G. Alicia Arriaga Ramírez
DIFUSION

Ramón Martínez de Velasco
CORRECCION DE ESTILO

Derechos reservados

CENTRO QUERETANO DE RECURSOS NATURALES

ISBN 968-5402-01-9 (Toda la obra)

ISBN 968-5402- 02-7(Tomo I: Mejoramiento de la Red Carretera del Centro y Norte del Estado de Querétaro, Un Soporte para su Desarrollo Integral y Sustentable)

ISBN 968-5402- 03-5 (Tomo II: Planeación de los Libramientos Carreteros de la Ciudad de Querétaro)

ISBN 968-5402- 04-3 (Tomo III Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Sur del Estado de Querétaro)

E-Book

ISBN 978-607-7710-08-0

La publicación de este reporte se financió en parte
con fondos del Sistema de Investigación "Miguel Hidalgo", SIHGO, del CONACYT

Publicación del Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado de Querétaro
Luis Pasteur Sur No. 36 Centro
Tel. 01 (4) 2 12 72 66, 2 14 36 85 y 2 12 22 41
Querétaro, Qro., México

USO DEL SUELO Y VEGETACION DE LA ZONA SUR DEL ESTADO DE QUERETARO

RESUMEN EJECUTIVO

En los siete municipios del Sur del estado de Querétaro (Amealco, Corregidora, Huimilpan, El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro y San Juan del Río), que abarcan un total de aproximadamente 4 000 Km², se localizan las zonas de más intensa actividad económica y las más pobladas del estado. Estos municipios se caracterizan porque en ellos se ha dado la sustitución de gran parte de la vegetación natural y, en varios de ellos, un drástico crecimiento de las áreas urbanas e industriales. El conocimiento puntual de estos cambios reviste gran importancia para numerosas acciones administrativas, de planeación y desarrollo sustentable en una zona tan dinámica.

El Centro Queretano de Recursos Naturales del CONCYTEQ, una de cuyas funciones es el colaborar en la realización de estudios sobre los recursos naturales, se planteó la actualización de la cartografía de uso del suelo y vegetación previamente elaborada, para ponerla a disposición de los usuarios gubernamentales, académicos y privados que requieren este tipo de información para el logro de sus objetivos. Como en estudios anteriores, se considera que la cobertura vegetal o de otro tipo, identificable en el campo y por medio de imágenes de satélite, define el uso del suelo y la vegetación.

Para lograrlo, se emplearon imágenes de satélite Landsat de dos épocas del año de 1999, y técnicas de clasificación automática y visual, así como verificación de campo, lo que dio como resultado un mapa de uso del suelo y vegetación a escala 1:250 000, que cubre los siete municipios. La clasificación automática de las imágenes de satélite es posible gracias a que están conformadas por números, o valores proporcionales a la cantidad de luz visible y otras longitudes de onda que reflejan –y absorben– los diversos objetos sobre el terreno. La vegetación, el suelo, el agua y otras coberturas del terreno presentan patrones distintos de esta respuesta, lo que permite que mediante una clasificación estadística realizada por computadora, se generen mapas de dichas coberturas.

La interpretación visual de rasgos en las imágenes es recomendable cuando se tienen áreas en las que la reflexión de las longitudes de onda no nos indica inconfundiblemente una condición del terreno. Por ejemplo, en las zonas agrícolas de riego hay, al mismo tiempo, parcelas en descanso, otras recién barbechadas, y otras más en diferentes etapas de crecimiento de varios cultivos, todas ellas con respuestas muy distintas entre sí. Resulta, pues, más sencillo para el ojo de un técnico, separar un distrito de riego de las zonas temporaleras,

matorrales, etcétera, que lo rodean. Por otra parte, el empleo de imágenes de dos o más épocas distintas, en las que algunas condiciones de vegetación (i.e. el bosque de pino) prácticamente no cambian su respuesta, mientras que otros (como algunos matorrales) presentan aspectos muy contrastantes, es un elemento muy útil en la diferenciación de condiciones de vegetación que a veces tienden a confundirse en una sola escena. En este caso se analizaron dos imágenes Landsat, una de la época seca de 1999 (febrero) y la otra de noviembre del mismo año, pasada la temporada de lluvias.

El mapa de uso del suelo y vegetación que se obtuvo, viene a actualizar la información con la que se contaba y nos ofrece un nivel de detalle mayor al de los estudios de la misma escala elaborados en la primera mitad de la década de 1990. Este mapa, originalmente a la escala de 1:250 000, se presenta en reducción en la Figura i.

Como se aprecia en el Cuadro y la Figura i, la clase que ocupa mayor superficie es la agricultura de temporal, con más del 36 por ciento. La agricultura de riego tiene una superficie también considerable, de 16 por ciento, para totalizar entre ambos usos más del 52 por ciento del área total estudiada. Esto es, en sí, un dato muy representativo de la actividad económica y la intensa presión sobre las áreas que cuentan aún con vegetación natural en la región Sur del estado, sobre todo si comparamos este dato con el 11.2 por ciento (Anuario Estadístico INEGI, 1998) de superficie agrícola a nivel nacional; o el 26 por ciento del área agrícola en todo el estado.

Cuadro i. Clases de uso del suelo y estadísticas presentadas en porcentaje y hectáreas de la región Sur del Estado de Querétaro.

Clase de uso del suelo	%	Ha
Agricultura de temporal	36.66	146 635.22
Agricultura de riego	16.02	64 080.93
Matorral subtropical	17.17	68 696.61
Pastizal	10.06	40 224.12
Matorral crasicaule	5.11	20 454.59
Bosque de encino	6.54	26 153.72
Bosque de pino	0.04	153.35
Urbano	4.57	18 264.26
Erosión	2.05	8 216.80
Cuerpos de agua	0.97	3 871.01
Industrial	0.66	2 629.26
Granjas y establos	0.16	621.12
Total	100.00	400 001.00

Figura i. Mapa de uso del suelo y vegetación de los municipios del Sur de Querétaro

Los matorrales en conjunto abarcan un 22 por ciento de la zona revisada, para constituir la vegetación natural más abundante. El llamado matorral subtropical es el que más superficie ocupa, con más del 17 por ciento, y el matorral crasicaule, en el que dominan las cactáceas, sólo con poco más del 5 por ciento.

Los pastizales, que existen en la zona en buena parte por el desmonte y la actividad ganadera, abarcan poco más del 10 por ciento del área.

Los bosques templados, predominantemente encinares, se agrupan en manchones en las zonas montañosas, sobre todo en Amealco y Huimilpan y áreas más pequeñas aún, al norte de El Marqués y Querétaro. Abarcan, en conjunto con las diminutas áreas de pinares, sólo el 6.5 por ciento del área estudiada.

El intenso crecimiento de los dos centros de población principales, San Juan del Río y la capital estatal, con sus áreas conurbadas, arroja un total de 182.29 Km², casi el 4.6 por ciento del área de los municipios sureños y un 1.55 por ciento del total de la superficie del estado, contra el 0.82 por ciento (para todas las localidades del estado, cartografiadas a 1:250 000) levantado en 1991 (CQRN 1992). Los terrenos dedicados al uso industrial y las granjas –principalmente de producción de pollo– cubren un 0.82 por ciento de la superficie de los municipios estudiados.

En este estudio, se presentan, además de los resultados generales, estadísticas y mapas municipales de las superficies ocupadas por cada una de las categorías definidas.

Es esta una primera etapa para la actualización de la cartografía de uso actual y vegetación del estado, que deberá ser complementada con un estudio similar para el resto de los municipios de la entidad; así como por inventarios más detallados en las zonas de mayor interés, en conjunto con los usuarios que así lo requieran.

USO DEL SUELO Y VEGETACION DE LA ZONA SUR DEL ESTADO DE QUERETARO

Contenido

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	V
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 LOS ESTUDIOS DE USO DEL SUELO.....	1
1.2 CONCEPTOS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA O TELEDETECCIÓN.....	2
1.3 ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA Y EL USO DEL SUELO.....	3
1.4 ANÁLISIS VISUAL Y ENFOQUES HÍBRIDOS DE CLASIFICACIÓN.....	4
2 LA ZONA SUR DE QUERÉTARO.....	7
2.1 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO NATURAL.....	7
2.2 CLIMA.....	8
2.3 FISIOGRAFÍA.....	8
2.4 SUELOS.....	9
2.5 HIDROLOGÍA.....	100
2.6 GEOLOGÍA.....	111
2.7 VEGETACIÓN NATURAL Y USO DEL SUELO.....	122
3 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	133
3.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR.....	133
3.2 ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN.....	144
3.3 PREPROCESO Y CORRECCIONES DE LAS IMÁGENES.....	16
3.4 CLASIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN VISUAL.....	17
4 RESULTADOS.....	18
5 CONCLUSIONES.....	19
5.1 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO.....	19
5.2 APLICACIONES FUTURAS.....	200
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
ANEXOS.....	23
CLASES DE USO DEL SUELO, ESTADÍSTICAS Y MAPA DEL MUNICIPIO DE AMEALCO DE BONFIL.....	23
CLASES DE USO DEL SUELO, ESTADÍSTICAS Y MAPA DEL MUNICIPIO DE CORREGIDORA.....	25
CLASES DE USO DEL SUELO, ESTADÍSTICAS Y MAPA DEL MUNICIPIO DE EL MARQUÉS.....	27
CLASES DE USO DEL SUELO, ESTADÍSTICAS Y MAPA DEL MUNICIPIO DE HUIMILPAN.....	29
CLASES DE USO DEL SUELO, ESTADÍSTICAS Y MAPA DEL MUNICIPIO DE PEDRO ESCOBEDO.....	31
CLASES DE USO DEL SUELO, ESTADÍSTICAS Y MAPA DEL MUNICIPIO DE QUERÉTARO.....	33
CLASES DE USO DEL SUELO, ESTADÍSTICAS Y MAPA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DEL RÍO.....	35

USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN DE LA ZONA SUR DEL ESTADO DE QUERÉTARO

1 INTRODUCCION

1.1 Los estudios de uso del suelo

El conocimiento de la cobertura vegetal y el uso del suelo en un país, una región (paisajística, cuenca hidrológica, etcétera) o unidad administrativa es, desde hace ya varias décadas, un insumo fundamental para la definición de todo tipo de políticas, normas, proyectos y planes de desarrollo, inventarios forestales, estudios de impacto ambiental, ordenamiento territorial y aplicaciones catastrales, entre otras cuestiones.

La introducción de nuevos conceptos como el de “desarrollo sustentable” y “servicios ambientales” –producto de una conciencia respecto a la necesidad de aprovechar conservando y valorar adecuadamente los recursos que se pierden por cambios en el uso del suelo– ha venido a enfatizar aún más la necesidad de contar con este tipo de estudios, preferentemente en sistemas de información que puedan ser actualizados con periodicidad y con la capacidad de modelar los efectos de la acción humana sobre el medio.

En México, diversos estudios de gran visión o a escalas medias han sido elaborados por organismos del gobierno federal, durante la segunda mitad del siglo XX. Destacan el *Inventario Nacional Forestal*, desarrollado por la Dirección General del Inventario Nacional Forestal de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y, posteriormente, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, del cual se realizó una actualización en la década pasada (SARH, 1991). También la cartografía de uso del suelo y vegetación de DETENAL/INEGI, a las escalas de 1:1 000 000 y 1:250 000 para todo el territorio y en parte de él, a la escala 1:50 000.

Sergio Zamudio, autor de un trabajo fundamental sobre la vegetación de Querétaro (Zamudio *et al*, 1992), narra que un primer esbozo sobre la vegetación a nivel estatal fue llevado a cabo por Ignacio Piña en 1967. Henri Puig elaboró un estudio en 1976 acerca de la vegetación de la Huasteca, incluyendo a todo Querétaro, y más tarde otro mapa a la escala de 1:1 000 000. La DETENAL, en la primera mitad de la década de los setenta, cubrió la porción sur y centro del estado con cartas de uso del suelo 1:50 000 y posteriormente en los proyectos nacionales mencionados arriba. La Comisión Técnica para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) compiló, en 1980, un mapa de vegetación a escala 1:500 000 de Querétaro e Hidalgo. En 1990, Piña condujo un estudio de la vegetación de la cuenca del Río Moctezuma, con un mapa 1:500 000, y el mismo Zamudio otro más detallado sobre la cuenca del Extoraz, que data de 1984.

El primer mapa digital de uso del suelo y vegetación del estado, realizado a partir de imágenes de satélite, lo produjo la División de Información del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro en 1991, a la escala de 1:250 000. Varios estudios de nivel municipal o de cuenca, como los efectuados por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) en Santa Catarina (Pineda y Hernández, 2000) profundizaron, aunque en áreas relativamente pequeñas, el conocimiento de la vegetación y las modalidades del uso actual. Hace falta, sin embargo, una visión intermedia que nos muestre la circunstancia actual del territorio queretano. El presente trabajo es una primera etapa para lograr ese objetivo, uno de los que se ha trazado el CQRN del CONCYTEQ.

1.2 Conceptos de la percepción remota o teledetección

La clasificación, cuantificación y representación en mapas de las condiciones de la superficie del terreno, pudieron llevarse a cabo de manera más rápida y eficaz en grandes áreas a partir de la puesta en órbita del primer satélite de observación terrestre, *ERTS 1* (más tarde *Landsat 1*), en 1972.

A lo largo de casi tres décadas, las imágenes espaciales han ganado notablemente en detalle, en calidad de información y en posibilidades técnicas debido a los equipos de cómputo en que se procesa, capacidad, velocidad (Smara *et al.*, 1998) y el software. Hoy las aplicaciones desarrolladas se cuentan por miles, en lo que constituye ya una tecnología madura y probada en todo el mundo. Entre ellas destacan, sin duda, aquellas dirigidas a conocer y cuantificar la vegetación, la agricultura, las áreas urbanas y los cuerpos de agua, es decir, el uso del suelo y la cobertura del terreno (Lillesand y Kiefer, 1994).

El vocablo percepción remota, que identifica a estas técnicas, se deriva del término anglosajón *remote sensing* y se abrevia PR. Se entiende por PR “la adquisición de información sobre un objeto a distancia, sin que exista contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador”. Lillesand y Kiefer (1994) definen la percepción remota como la ciencia y el arte de obtener información de un objeto, área o fenómeno a través del análisis de datos obtenidos por un dispositivo que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo estudio.

Decenas de satélites de percepción remota se encuentran en órbita alrededor de la Tierra y otros planetas y lunas de nuestro Sistema Solar. Muchos se dedican exclusivamente a observaciones meteorológicas, otros a estudios de recursos naturales en la superficie terrestre y al análisis de otros mundos, y otros más a medir la profundidad, oleaje y otras características de los mares, y muchas aplicaciones más. Entre los primeros se encuentran los *Meteosat* y los de la serie NOAA; los segundos incluyen a los satélites de las series *Landsat* y *SPOT*, así como a las sondas espaciales *Voyager* y *Viking*, el satélite MGS (*Mars Global Surveyor*) y otros. Entre los últimos se encuentra el *Seasat* y diversos satélites de radar, como los de la serie *ERS* y *Radarsat*, por citar algunos ejemplos.

Las imágenes de satélite están conformadas por datos numéricos (o digitales) cuyo valor es una función de la cantidad de energía (colores de la luz visible o varias otras longitudes de onda del espectro electromagnético) que refleja la superficie terrestre. Esta característica permite ordenar, comparar y realizar toda una serie de operaciones matemáticas y estadísticas con tales imágenes, que en conjunto se denominan *Proceso Digital de Imágenes*. Las diversas condiciones del terreno presentan patrones de respuesta bastante definidos (Lillesand y Kiefer, 1994) que se reflejan en las cantidades que componen las imágenes, permitiéndonos identificarlas tanto visualmente como mediante diversos métodos de proceso digital.

1.3 Estrategia para la identificación de la cobertura y el uso del suelo.

La definición de una estrategia para discriminar la cobertura del terreno y el uso de suelo, varía de acuerdo a la región geográfica y los alcances particulares de cada estudio. Sin embargo, en la **Figura 1** se muestra un esquema general, que incluye las siguientes etapas:

Una etapa de análisis que consiste en la definición de los requerimientos que la información contenida en las imágenes de satélite de uno o varios tipos –u otras fuentes de datos– debe cumplir. En función de ésta se seleccionan los datos que se adecuen mejor a dichos requerimientos.

Para emplear datos digitales, se requiere de una etapa de preprocesamiento, que incluye la georreferencia, el armado de mosaicos de imágenes adyacentes, correcciones de los datos para compensar efectos atmosféricos y de otros tipos, integración de datos obtenidos en varias fechas, etcétera.

Sigue una fase de procesamiento de los datos que puede incluir realces, índices, cocientes y otras operaciones de álgebra, los cuales permiten enfatizar contrastes que favorezcan la observación, separación y cuantificación de los rasgos y áreas que son realmente distintos en el terreno, y luego la clasificación, esto es, la aplicación de procedimientos estadísticos para separar diversos patrones de respuesta en clases o grupos más homogéneos, correspondientes a condiciones reales en el terreno.

La clasificación puede realizarse sólo mediante el empleo de un algoritmo que discrimine las diferencias en los valores de las diversas longitudes de onda, sin la adición de más datos. A lo anterior se le denomina *Clasificación no Supervisada*. También puede hacerse marcando zonas o grupos de valores en la imagen (*campos de entrenamiento*), donde se conoce a cuál rasgo o cobertura corresponden y son considerados o no en el análisis estadístico (*clasificación supervisada*).

El trabajo de campo es una etapa vital del proceso, pues permite recopilar mucha información del terreno que no es posible obtener a partir de los sensores remotos. Asimismo, posibilita el comprobar la precisión y verosimilitud de las imágenes clasificadas. En caso necesario, se llevan a cabo muestreos sistemáticos o aleatorios que permitan estimar la confiabilidad de los productos de la clasificación.

La etapa siguiente incluye las correcciones pertinentes de acuerdo a las observaciones de campo, el postproceso de las imágenes para eliminar zonas o elementos sin clasificar, o puntos aislados que únicamente complicarían la lectura de los mapas finales.

1.4 Análisis visual y enfoques híbridos de clasificación

Es relativamente común que, durante el proceso de clasificación de imágenes digitales, se lleven a cabo diversos intentos en ese sentido a través del cambio del algoritmo, número de clases, grados de tolerancia, etcétera. También lo es que se alternen y complementen resultados combinados de clasificaciones supervisadas y no supervisadas, y aun interpretaciones visuales, en lo que se denomina “proceso híbrido” (**Figura 2**).

En los casos en que las áreas a clasificar tienen una naturaleza compleja (*i.e.* zonas agrícolas en regiones tropicales), es recomendable la interpretación visual como procedimiento único, o bien, puede ser combinado con un análisis numérico en equipo de cómputo. D. Ramsey, de la Universidad estadounidense de Utah, señala que entre las desventajas del procesamiento digital está el hecho de que, para áreas pequeñas, resulta ser costoso en tiempo, en recursos financieros y humanos especializados, en tanto que la interpretación visual es intuitiva y sólo requiere equipo simple y barato.

Este método permite la identificación de patrones muy complejos de respuestas espectrales, combinadas con formas geométricas y texturas de manera concreta, rápida y cualitativa, con un alto nivel de referencia, si se aprovecha sobre todo la experiencia de personal técnico que conozca bien el terreno y los temas a inventariar.

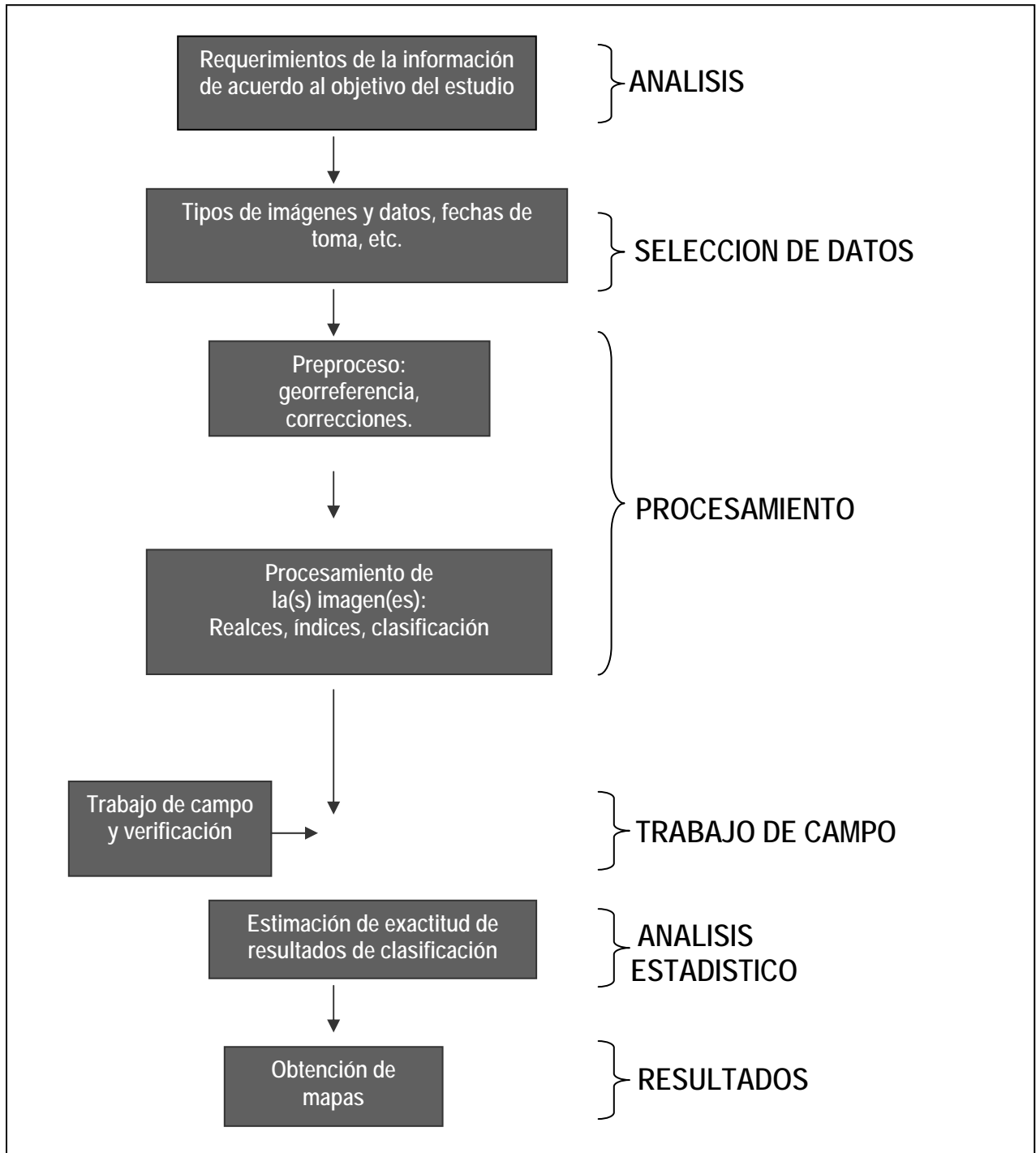


Figura 1. Estrategia general para el uso de datos de percepción remota. Modificado de Smara *et al.*, (1998)

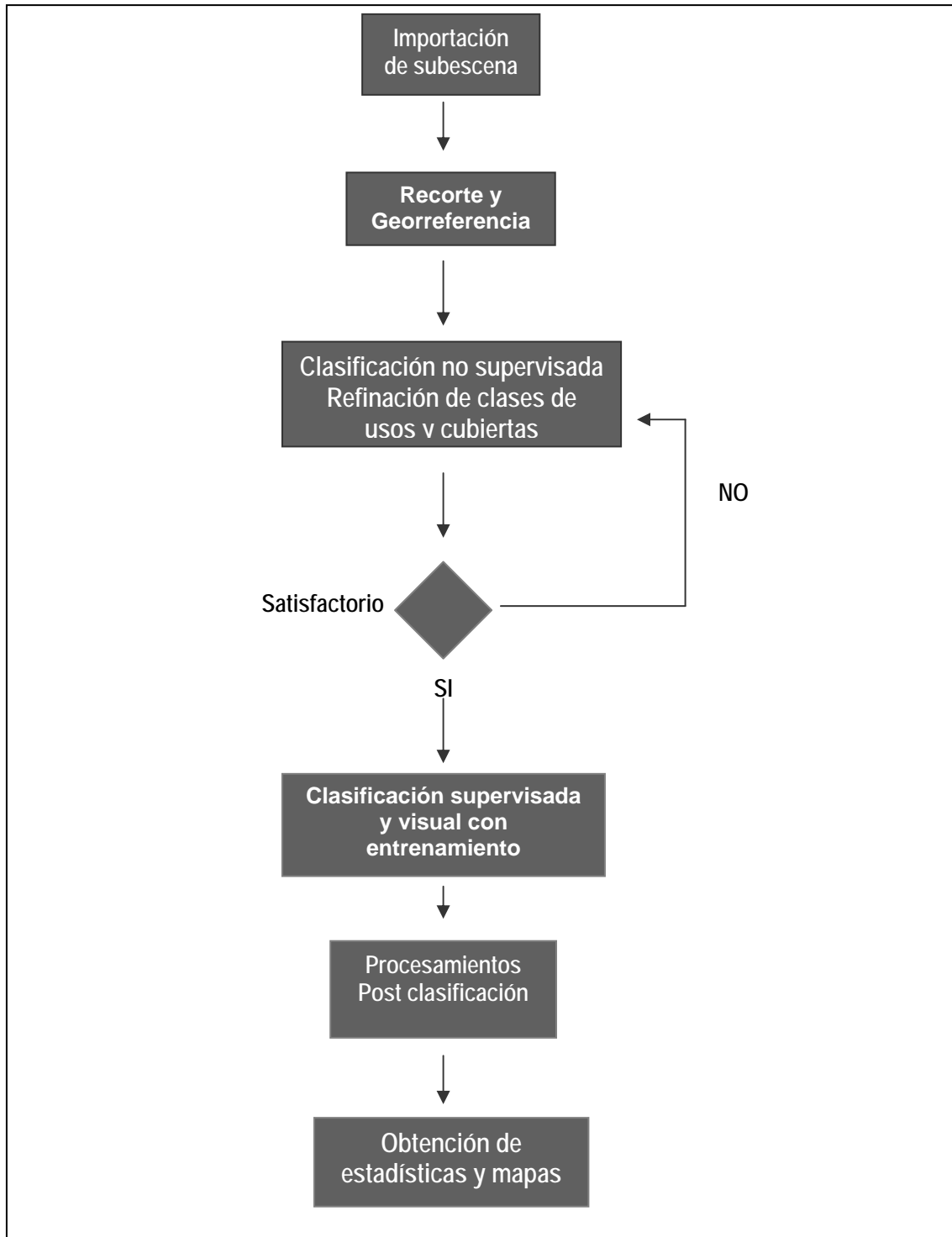
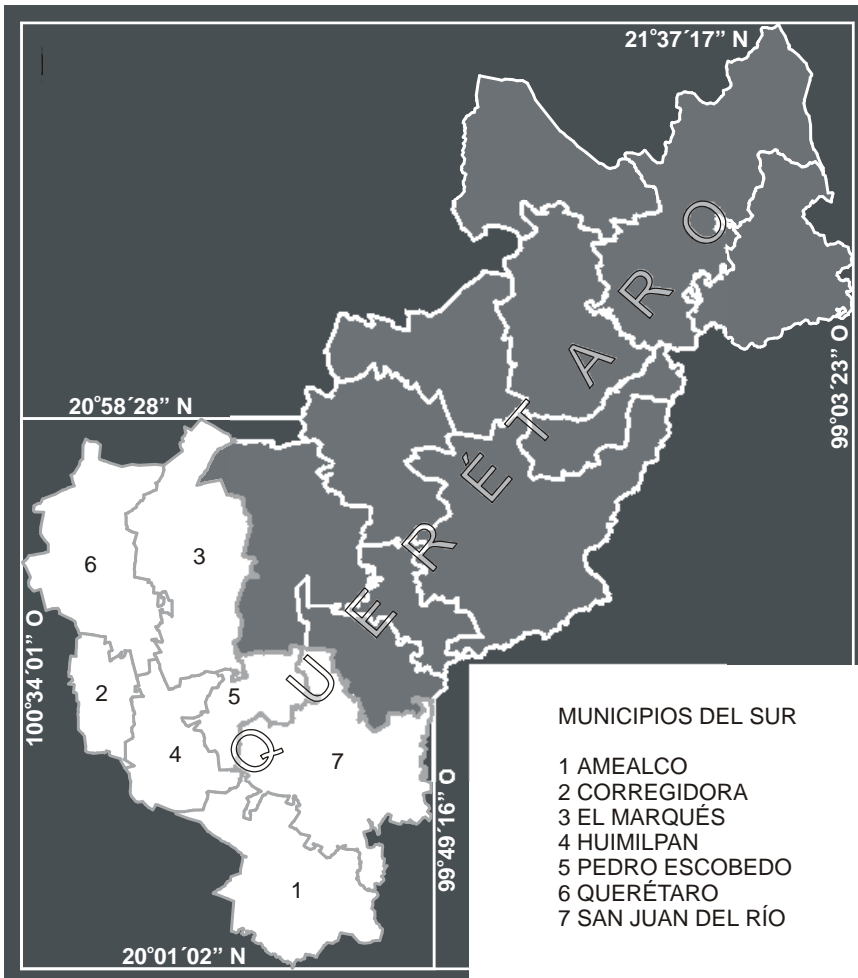


Figura 2. Estrategia híbrida para realizar el procesamiento digital de información, usando clasificación no supervisada, supervisada y delimitación visual.

2 LA ZONA SUR DE QUERÉTARO

2.1 Descripción del medio natural

El estado de Querétaro se localiza en la parte central de los Estados Unidos Mexicanos, y está comprendido entre los paralelos 20° 01' 02" y 21° 37' 17" de latitud Norte y los meridianos 99° 03' 23" y 100° 34' 01" de longitud Oeste, como se aprecia en la **Figura 3**. Limita al norte y noreste con San Luis Potosí, al este con Hidalgo, al sur con Michoacán, al sureste con el estado de México y al oeste con Guanajuato. La superficie estatal es de 11 785.6 km², la cual representa el 0.62 por ciento del territorio nacional.



La Zona Sur del estado, tal como se define para los propósitos de este trabajo, incluye los municipios que tradicionalmente se ubican en las regiones “Sierra Queretana” o de Amealco y “Bajío Central” también llamada “Corredor San Juan del Río Querétaro”, está ubicada entre los paralelos 99° 49' 16" y 100° 34' 01" de longitud Oeste y los meridianos 20° 01' 02" y 20° 58' 28" Norte.

Los municipios incluidos en el área de estudio son descritos en el **Cuadro 1**.

Figura 3: Coordenadas extremas del estado y la zona de estudio; y municipios del Sur de Querétaro.

Cuadro 1. Municipios comprendidos en la Zona Sur del estado de Querétaro, superficie territorial que ocupa, y proporción con respecto al área de la zona de estudio y al estado.

Municipios	Área (km ²)	Proporción de la zona de estudio (%)	Proporción del área estatal (%)
Amealco de Bonfil	695.59	17.39	5.90
Corregidora	236.42	5.91	2.01
El Marqués	784.83	19.62	6.66
Huimilpan	409.92	10.25	3.48
Pedro Escobedo	277.77	6.94	2.36
Querétaro	701.67	17.54	5.95
San Juan del Río	893.81	22.35	7.58
Área total	4 000.01	100.00	33.94

Nota: La superficie estatal para el presente estudio se consideró en 11 785.6053 km².

2.2 Clima

Querétaro se localiza dentro de las tierras altas del Centro de México y, en su totalidad, en la zona intertropical, con influencia de los vientos húmedos del este provenientes del Golfo de México. La parte serrana del norte y Oriente de la entidad representa una barrera importante respecto a la llegada de abundante humedad a la zona central y el suroeste de su territorio.

Los municipios de Amealco y Huimilpan, en los que dominan lomeríos asociados a sierras con alturas superiores a los 2 000 msnm, presentan clima templado subhúmedo (C (w₁) (w)) con una temperatura media anual de entre los 13° y 17°C y con precipitaciones concentradas en el verano, que van desde los 600 a los 800 mm en promedio, conforme se avanza hacia el sur (INEGI-SPP, 1983).

En la porción occidental del área de estudio, principalmente en los municipios de Querétaro, Corregidora y El Marqués, el clima es semiseco semicálido BS₁hw(w); la temperatura media anual varía de 18° a 19°C y la precipitación anual entre 450 y 630 mm.

En una extensa área que va, de este a oeste, desde el cañón del río Moctezuma hasta el límite con Guanajuato, el clima es semiseco templado BS₁kw(w), particularmente en los municipios de San Juan del Río y Ezequiel Montes. En esta área la temperatura media anual oscila entre 16° y 18°C y la precipitación media anual entre 450 y 630 mm (*Anuario Económico*, 2000).

2.3 Fisiografía

La zona de estudio se localiza dentro de dos regiones fisiográficas:

El Eje Neovolcánico, en el que se sitúan las porciones centro y sur de la entidad, entre 1 800 y 2 800 m de altitud. En ella se presentan llanuras que constituyen

los llamados valles o bajíos de Querétaro y San Juan del Río, sierras volcánicas de laderas suaves, en su mayoría basálticas, asociadas con lomeríos formados por pequeños volcanes y derrames de lava. Las elevaciones principales comprenden la Sierra Queretana y específicamente los cerros Redondo (2 840 msnm), Grande (2 820 msnm), Bravo (2 820 msnm) y Pelón (3 310 msnm) (INEGI-SPP, 1983). El 90 por ciento del área de estudio está dentro de esta región.

Y la Mesa Central, con altitudes entre los 2 000 y 3 360 m, que comprende las porciones más norteñas de los municipios de Querétaro y El Marqués. En ella se presentan sierras volcánicas con laderas abruptas y mesetas, frecuentemente formadas por rocas ígneas ácidas e intermedias, así como amplios pies de monte y llanuras aluviales algo más altas, distintas a los bajíos del Eje Neovolcánico.

2.4 Suelos

De acuerdo con la cartografía edafológica 1:50 000 de DETENAL-INEGI, en la **Figura 4** se presentan los suelos dominantes de la región.

Las unidades que más extensión superficial ocupan dentro de la entidad, son los Litosoles (28 por ciento). Su principal característica es que tienen un espesor menor a los 10 cm y descansan directamente sobre el estrato rocoso o tepetate. Se localizan en zonas montañosas de fuertes pendientes y en algunas otras áreas, principalmente aquellas desmontadas para su incorporación a la agricultura de temporal o el pastoreo, cuestión que ha contribuido a incrementar la erosión y disminuir la profundidad del suelo. La mayor extensión de Litosoles se localiza en los municipios de Querétaro, El Marqués, Huimilpan, Pedro Escobedo y, en menor superficie, en Amealco y San Juan del Río.

Los Feozems son suelos pardos que van desde los relativamente poco profundos en laderas, hasta los de profundidad moderada en zonas casi planas. Se encuentran en el 25 por ciento del área, principalmente en áreas con climas semisecos del centro y sur del estado, con pendientes moderadas o fuertes. La vegetación que sustentan es, en su mayoría, matorrales subtropical, y crasicaule, o pastizales, así como algunas áreas de bosque templado, sobre todo en los municipios de Amealco, San Juan del Río, Huimilpan y El Marqués. Estos suelos se han utilizado extensivamente para actividades agrícolas, principalmente de temporal.

Los Vertisoles se encuentran en planicies acumulativas –conocidas como “bajíos” en la región– de la zona centro-sur del estado, es decir, de los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Pedro Escobedo y San Juan del Río. Estos se caracterizan por las grietas anchas y profundas que les aparecen en época de sequía, provocadas por su alto contenido de arcilla expandible. Se trata de suelos fértiles, de color negro, profundos en general, masivos cuando secos y muy adhesivos cuando están húmedos. Se utilizan principalmente para agricultura de

riego, son altamente productivos con cultivos de forrajes, granos y hortalizas. El acelerado crecimiento de las ciudades y de la industria ha provocado que el uso agrícola de estos suelos vaya disminuyendo gradualmente.

Los Luvisoles –suelos rojos o pardo rojizos arcillosos, ligeramente ácidos– ocupan una pequeña porción del territorio estudiado. Se localizan en áreas de fuertes pendientes en las zonas montañosas del municipio de Amealco. Su vegetación es principalmente de bosques templados, aunque gran superficie ha sido desmontada e incorporada a usos agropecuarios, con un incremento de los procesos erosivos.

Las Rendzinas son suelos residuales que sobreyacen a rocas con alto contenido en carbonato de calcio. Son relativamente poco profundos, generalmente oscuros y ricos en materia orgánica y nutrientes. Se encuentran en el municipio de San Juan del Río y al norte del de Querétaro, sobre zonas de fuertes pendientes. Su vegetación natural es de matorrales, y bosques de encino, y algunas áreas han sido abiertas a la agricultura de subsistencia o al pastoreo.

Los Planosoles están al sureste de los municipios de San Juan del Río y Amealco, en los límites con el estado de México. Se encuentran en zonas llanas y tienen mal drenaje interno, así como una capa superficial relativamente pobre en materia orgánica y nutrientes. Se les ha usado en actividades agrícolas de temporal, o como praderas para el pastoreo.

Los Cambisoles, en este caso suelos de bosque, de desarrollo moderado y fertilidad media, se ubican en la localidad de La Caldera, municipio de Amealco.

El resto de los suelos son Castañozems, Yermosoles y Fluvisoles, los cuales se distribuyen en pequeños manchones dentro el área de estudio.

2.5 Hidrología

Dentro del estado de Querétaro, y de la zona de estudio precisamente, atraviesa el parteaguas continental que separa la vertiente del Golfo de México –Región Hidrológica No. 26, nombrada “Río Pánuco” – de la del Pacífico, parte de la Región Hidrológica No. 12, “Río Lerma-Santiago” (INEGI-SPP, 1983).

En cuanto a hidrología subterránea se refiere, en el territorio estatal existen nueve acuíferos distribuidos en los valles de Querétaro, San Juan del Río, Tequisquiapan, Amazcala, Buenavista, Cadereyta, Humilpan, Amealco y Tolimán que, por sus características orográficas y geológicas, presentan intercomunicación entre ellos, creando un flujo con salida hacia el acuífero del valle de Querétaro y que continúa hacia el estado de Guanajuato, por lo que en términos hidrológicos se comportan como un solo acuífero.

La región hidrológica del Río Pánuco ocupa una superficie de 9 273 km², que representa el 79 por ciento del territorio estatal. Los municipios de la Zona Sur del estado que integran esta región son: San Juan del Río, Amealco, Pedro Escobedo y el sureste de Huimilpan.

La región se subdivide a su vez en dos cuencas: la del río Tamuín, que se localiza al norte del estado con una superficie de 2 840 km² en territorio queretano; y la del río Moctezuma, con 6 434 km², en el centro-sur, en la que el río sirve de límite natural con el estado de Hidalgo. En la parte alta de esta cuenca sobresalen las subcuencas del río San Juan, con 1 683 km², y Extoraz, en la parte semidesértica, con un área de 2 839 km².

La región hidrológica del río Lerma-Santiago tiene una extensión de 2 496 km², en Querétaro, que representa el 21 por ciento de la superficie estatal, en la parte suroccidental del estado. Los municipios que la conforman son: Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan y una pequeña porción al sur de Amealco.

En esta región están las cuencas del río Laja, con una superficie de 2 274 km², y la Lerma-Toluca, con 222 km². La cuenca Laja tiene como afluentes a los ríos Pueblito y Querétaro, y la Lerma-Toluca los escurrimientos de la zona de Amealco, que dan hacia el Lerma.

En la región del Lerma-Santiago la corriente principal en la entidad y la zona de estudio, es el río Querétaro, con origen en el municipio de El Marqués y, que al unirse con el río Pueblito en los límites del estado, dan origen al río Apaseo, ya en Guanajuato, mismo que desemboca en el río Laja.

Los acuíferos que se localizan en esta región son: Querétaro (sobreexplotado), Amazcala (sobreexplotado), Buenavista (en equilibrio) y Huimilpan (en equilibrio). De los acuíferos en la cuenca del Lerma se extraen alrededor de 194.6 millones de m³, a través de 804 pozos activos, cuyos porcentajes de uso son: agrícola 69 por ciento, agua potable 27 e industrial 4. Con este volumen de agua se abastece a 942 mil 600 habitantes, a 26 000 hectáreas aproximadamente de tierras agrícolas y a 46 industrias (*Anuario Económico 2000*).

2.6 Geología

Las rocas ígneas extrusivas del Terciario y Plioceno-Cuaternario dominan en la Zona Sur, en terrenos que pertenecen mayormente a la provincia del Eje Neovolcánico.

Los basaltos del Terciario Superior y Cuaternario, son dominantes en la zona del corredor San Juan del Río-Querétaro, asociados a tobas ácidas en las llanuras, y pequeños afloramientos de toba básica. En algunas zonas se observan brechas volcánicas y otras rocas que presentan metamorfismo, y que quedan expuestas principalmente en las escarpas de falla que, unas en sentido nornoroeste-

sursureste y otras perpendiculares a las primeras, limitan el bajío en el que se encuentra la capital del estado.

En la Sierra Queretana, encontramos extrusivos de composición ácida como tobas riolíticas, en las mesetas, y las sierras volcánicas están constituidas por andesitas y riolitas. Una estructura impresionante la constituye el medio circo de la caldera de Amealco, un amplio crater de explosión directamente al sur de la cabecera municipal.

Por último, en los terrenos que pertenecen a la Mesa del Centro, se encuentran sierras volcánicas en las que afloran basaltos y otros extrusivos tanto básicos como ácidos, más relacionados al episodio volcánico que formó la Sierra Madre Occidental, durante el Terciario Medio y Superior. Destaca el volcán La Joya, al noroeste del municipio de Querétaro.

En esta zona se encuentran algunos afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico superior, al norte del municipio de Querétaro: calizas y lutitas alternadas, así como, en el extremo más septentrional de dicho municipio, un afloramiento de esquistos (INEGI-SPP, 1983).

2.7 Vegetación natural y uso del suelo

Para ilustrar la situación que guardaba la vegetación natural en el área de trabajo, se presenta en la **Figura 5** el mapa realizado por el CQRN en 1991, que muestra gran diversidad de tipos de vegetación, que abarca desde los matorrales desérticos hasta los bosques de encino y, en una limitada superficie, el de coníferas.

Como un tipo de matorral xerófilo se presenta el llamado crasicaule, con dominancia de cactáceas de gran talla, que está distribuido en casi todos los municipios de la Zona Sur del estado y se establece preferentemente en laderas de cerros y lomeríos bajos, e igualmente en algunos terrenos planos sobre suelos someros y pedregosos.

El matorral subtropical, vegetación transicional propia del Sur de Querétaro y el bajío guanajuatense, también se encuentra en el centro y sur de la entidad, denominado en el estudio de Zamudio *et al.* (1992), como bosque tropical caducifolio, sobre todo en los alrededores de Querétaro, San Juan del Río y Tequisquiapan, en forma de rodales aislados en medio del matorral crasicaule.

El desmonte y el sobrepastoreo prolongado de estos matorrales han ocasionado la formación de pastizales secundarios o inducidos, de baja capacidad productiva, que a su vez persisten al sobrepastoreo. Se forman por especies del género *Aristida spp.*, *Muhlebergia spp.* y *Choris virgata*, anual ésta, de baja calidad nutricional y productividad, que domina grandes extensiones de potreros en ranchos ganaderos con sobrecarga animal.

El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) –especie introducida de Sudáfrica– se ha considerado como la especie que puede rehabilitar los agostaderos sobrepastoreados, pero debe considerársele como una especie muy agresiva que puede desplazar a las especies nativas. Este zacate se presenta en altas densidades sobre brechas, caminos, y en explotaciones ganaderas con una alta capacidad de germinación.

En el pastizal mediano abierto en su composición original se presentan los zacates o gramíneas forrajeras que corresponden al navajita azul (*Bouteloua gracilis*), banderilla (*B. curtipendula*) y búfalo (*Buchloe dactyloides*) de alta capacidad y calidad forrajera sin la intervención de plantas arbustivas y árboles.

El bosque templado, de encino y coníferas, ocupa una superficie relativamente menor de la Zona Sur. Las mayores superficies se localizan en los municipios de Huimilpan y Amealco, en regiones de clima fresco y semihúmedo. Ambos presentan afinidades ecológicas similares, por lo que es común encontrarlos formando bosques mixtos.

Este tipo de bosque es de gran importancia desde el punto de vista biológico, ya que constituye un hábitat abundante en especies y endemismos, a tal grado que se considera como uno de los principales centros de especies autóctonas. Además, por la alta humedad ambiental que se concentra en ellos, son vitales debido al papel que juegan en la recarga de los acuíferos. Desde una perspectiva geológica, constituye un bosque relictivo de antiguas glaciaciones y refugio de especies de afinidad neártica.

3 METODOLOGIA DE TRABAJO

3.1 Inspección preliminar

Se llevaron a cabo recorridos en los siete municipios que corresponden al área de estudio; se fotografiaron e identificaron los diversos tipos de uso del suelo, vegetación natural, cultivada o inducida, en recorridos preliminares de campo. En dichos recorridos se identificaron las especies dominantes y las más indicativas de los tipos de vegetación existentes, cotejándose con los estudios más recientes acerca de la zona, como el de Zamudio *et. al.* (1992); la cartografía digital elaborada por el CQRN en 1992; por García y Valtierra (1997) en otra área de estudio; con la cartografía del INEGI esc. 1:250 000 de varios años atrás; y con algunos trabajos locales como uno elaborado por la UAQ (Pineda *et. al.*, 2000) sobre la microcuenca de Sta. Catarina, al norte del municipio de Querétaro. Se obtuvieron las coordenadas de cada uno de los sitios visitados por medio de equipo de posicionamiento global utilizando un *Garmin 100*, e impresiones a escala, de imágenes de satélite *Landsat 5* y *7* (path 27, row 46) de dos fechas: 23 de febrero y 21 de noviembre de 1999, respectivamente.

Cabe señalar que a las variantes de los matorrales les fue dedicada especial atención, a fin de evaluar las diferencias entre los llamados matorrales crasicaule –una variante de los matorrales desérticos o xerófitos– y subtropical que, de acuerdo a Zamudio *et.al* (1992) está más relacionado a las selvas bajas. Asimismo se halló que la presencia y frecuencia de diversas especies es significativamente distinta entre ambas.

3.2 Esquema de clasificación

En el **Cuadro 2** se presentan las clases o categorías detectadas durante los recorridos de campo y que fueron utilizadas como base para realizar la clasificación.

Cuadro 2. Esquema de clasificación utilizado en el presente estudio.

Uso actual o tipo de vegetación	Clase de uso de suelo	Descriptor
AGRICULTURA	Sustitución de la vegetación natural para sembrar especies generalmente introducidas.	
	<i>Agricultura de riego</i>	Labranza mecanizada, en general; riego por gravedad, menos frecuentemente por aspersión y algunos otros métodos más tecnificados. Uno a dos ciclos al año. Se emplea fundamentalmente agua extraída del subsuelo en el corredor Querétaro-San Juan del Río, parte del Bajío de Corregidora y en el valle de Amazcala. Con frecuencia se utilizan plaguicidas, herbicidas y abonos químicos y orgánicos. Cultivos anuales y semiperennes principalmente: alfalfa, avena, trigo, maíz, cebada, hortalizas, frutales. Alto valor comercial. Venta en los mercados nacional, internacional y regional.
	<i>Agricultura de temporal</i>	Labranza mecanizada o con tracción animal, en terrenos con cierta pendiente, algunas pedregosas o bien con alguna otra condición que impide o dificulta el riego. Presente en toda la región. Un ciclo al año. Poca tecnificación y uso de abonos químicos, herbicidas, etc. Maíz fundamentalmente, frijol y calabaza; excepcionalmente otras especies. Mercado regional o local y autoconsumo.
MATORRALES	Vegetación principalmente arbustiva, con elementos de hasta unos 5 metros de altura, sin alcanzar la fisonomía de árboles. En el área todos los matorrales incluyen especies de cactáceas y	

	leguminosas propias de las zonas áridas de México. En la región se aprovechan para la ganadería extensiva de especies menores o vacunos, y extracción de productos como leña, frutos y otras partes de plantas para el autoconsumo.	
	<i>Matorral subtropical</i>	Matorral con estrato arbustivo de unos 4 m de altura. Dominan especies no espinosas, algunas de ellas propias de las selvas secas. El casahuate (<i>Ipomoea murucoides</i>), copal (<i>Bursera sp.</i>), tepeguaje (<i>Lysiloma sp.</i>) y garambullo (<i>Mirtyllocactus geometrizarans</i>) son las especies dominantes en toda la zona de estudio, en conjunto con nopales y otras plantas del género <i>Opuntia</i> : huizache (<i>Acacia spp</i>), capulín (<i>Karwinskia sp.</i>), granjeno (<i>Celtis sp.</i>) y <i>Zaluzania, sp.</i> Se le ha considerado como una etapa sucesional de selva baja caducifolia, alterada y de alta resiliencia, provocada desde tiempo atrás por la influencia de la actividad pecuaria y la tala de ciertos elementos. Esta vegetación se encuentra en los municipios de la parte norte de la zona en estudio.
	<i>Matorral crasicale</i>	Matorral dominado por especies de cactáceas, representadas en la región por asociaciones de garambullo (<i>Mirtyllocactus geometrizarans</i>), nopales y otras <i>Opuntias</i> , pitayos (<i>Stenocereus queretaroensis</i> y <i>S. dumortieri</i>), acacias, uñas de gato (<i>Mimosa sp.</i>), sangregado y otras especies propias de los matorrales xerófitos. Esta comunidad se presenta en la mayoría de los municipios de la zona Sur del estado.
PASTIZAL	Vegetación dominada por gramíneas herbáceas, aun cuando pueden presentarse otros elementos herbáceos, arbustivos y algunos árboles. En la región se aprovecha prácticamente en su totalidad para la ganadería extensiva.	
	<i>Pastizal inducido</i>	Vegetación dominada por gramíneas herbáceas. Los pastizales naturales en la zona están compuestos por especies del género <i>Aristida</i> , <i>Muhlebergia</i> , <i>Bouteloua</i> , <i>Lycurus</i> y <i>Buchloe</i> , en los municipios de San Juan del Río y El Marqués. En Amealco se desarrolla una especie muy agresiva llamada kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), que ha invadido potreros. Tiene requerimientos de humedad altos.
BOSQUES	Vegetación arbórea	

TEMPLADOS	predominantemente, propia de climas templados. En ella dominan especies de encinos o robles (<i>Quercus spp.</i>), pinos u otras coníferas, o asociaciones de ambos tipos de árboles.	
	<i>Bosque de encino</i>	Bosque dominado por especies de encino (<i>Quercus spp.</i>). En la región sur de la zona estudiada (Amealco y Huimilpan), por encima de los 2 300 m de altitud, se presentan los encinos <i>Q. crassipes</i> , <i>Q. Laurina</i> , <i>Q. obtusata</i> y <i>Q. rugosa</i> . En el norte de los municipios de Querétaro y El Marqués, se encuentran asociaciones de <i>Q. grisea</i> , <i>Q. potosina</i> y <i>Q. eduardii</i> .
	<i>Bosque de pino</i>	Bosque dominado por árboles del género <i>Pinus spp.</i> , los cuales se encuentran sólo en la sierra del Rincón, municipio de Amealco, en pequeños manchones de <i>Pinus montezumae</i> , rodeados por el bosque de encino.
OTROS USOS		
	<i>Urbano</i>	Zonas donde dominan áreas construidas, que en este estudio abarcan todas las localidades de superficie mayor a las 30 Ha.
	<i>Erosión</i>	Suelo desnudo sin presencia de cobertura vegetal. Incluye zonas muy erosionadas por la actividad humana y afloramientos rocosos naturales.
	<i>Cuerpos de agua</i>	Presas, bordos.
	<i>Industrial</i>	Parques industriales e instalaciones de instituciones de investigación y servicios, cuando están aisladas o asociadas a las primeras.
	<i>Granjas y establos</i>	Avícolas, en su mayor parte.

3.3 Preproceso y correcciones de las imágenes

Se procesaron dos imágenes del satélite *Landsat*. Una corresponde al satélite *Landsat TM 5* con fecha 23 de febrero de 1999, y la segunda al satélite *Landsat ETM 7* del 21 de noviembre del mismo año (**Figura 6**).

Se realizaron las correcciones geométricas de ambas imágenes, permitiendo el uso combinado de ambas, utilizando puntos de control del terreno de la cartografía digital escala 1:50 000 de la década del setenta, y mediante el uso de ortofotos digitales escala 1:75 000, remuestreadas a 1:25 000 de 1993, generadas y comercializadas por el INEGI. Fueron remuestreadas a una resolución espacial de 25 m por lado, utilizando el método de interpolación del vecino más cercano. Estos procesos fueron llevados a cabo mediante el sistema *Advanced Imager* de Intergraph. No se realizaron correcciones atmosféricas ya que estas imágenes están previamente corregidas por el proveedor.

La información colectada en campo, en coordenadas geográficas y proyección UTM (Universal Transversa de Mercator), se integró a los procesos de clasificación, depuración y análisis de la información estadística, así como con el sistema de información geográfica MGE (*Modular GIS Environment*) de Intergraph y MicroStation.

3.4 Clasificación e interpretación visual

Al disponerse de dos imágenes *Landsat*: una de mediados de la época de sequía de enero de 1999, y la otra del otoño que siguió a la época de lluvias de noviembre del mismo año, se contaba con información espectral de dos temporadas, pudiendo llevar a cabo la diferencia entre tipos de vegetación de manera más precisa que con una sola imagen (Adinarayana y Krishna, 1996).

Se realizó primeramente una separación de los cuerpos de agua, por medio de un índice normalizado entre las bandas 5 y 3. Este procedimiento generó una imagen de "cuerpos de agua" que serviría para ser utilizada como máscara discriminadora del resto de las coberturas.

Se trabajó en el módulo *Advanced Imager* de *MGE (Modular GIS Environment)*, versión 95, utilizando las bandas 3, 4 y 5 (rojo e infrarrojos cercanos 1 y 2) de ambas imágenes. También con la banda "verdor del follaje" elaborada mediante el algoritmo conceptual denominado *Tasseled Cap* (con todas las bandas, salvo las térmicas y la pancromática de 15 m), sobre varios cocientes entre bandas y algoritmos de clasificación no supervisada, encontrándose que el módulo de "entrenamiento competitivo" con semillas aleatorias –muestreo de 2 por ciento y 40 iteraciones, para 11 clases– resultó el más representativo de las condiciones de vegetación natural.

Los primeros procesos de clasificación digital de la imagen de satélite generaron, no obstante, una gran cantidad de áreas con confusión, debido a la considerable variedad de respuestas espectrales encontradas entre las zonas agrícolas y urbanas, especialmente, por lo que se optó por el método híbrido de clasificación descrito en secciones anteriores.

De esta manera se procedió a realizar una interpretación visual para separar las áreas urbanas, industriales y agrícolas, a fin de generar una segunda máscara que, complementada a la de cuerpos de agua, permitió la clasificación automática de todas las zonas con vegetación natural e inducida, distinta de los usos con alta influencia humana. Se encontró además que, dada la superficie que ocupan las granjas de producción de pollo y algunos establos, valía la pena distinguir éstos como una clase independiente.

Para complementar los resultados obtenidos, se efectuó la interpretación visual de las áreas urbanas, industriales y otros usos como parques, campos de golf, aeropuerto, entre otras. Asimismo, se llevó a cabo una interpretación visual para

separar las áreas con infraestructura y uso actual de agricultura de riego, de aquellas de temporal.

Al resultado de la clasificación se le hizo un postprocesamiento para eliminar pequeñas zonas de confusión, unir clases distintas que correspondían al mismo tipo de cobertura y filtrar píxeles aislados.

4 RESULTADOS

El resultado principal del proyecto es el Mapa de Uso Actual del Suelo a la escala de 1:250 000, y del que se presenta una reducción en la **Figura 7**.

Como se aprecia en el **Cuadro 3** y en la **Figura 7**, la clase que ocupa mayor superficie es la agricultura de temporal, con más del 36 por ciento. La agricultura de riego tiene una superficie también considerable, de 16 por ciento, para totalizar entre ambos usos más del 52 por ciento del área total estudiada. El anterior es, en sí, un dato muy representativo acerca de la actividad económica y la intensa presión sobre las áreas que cuentan aún con vegetación natural en la región Sur del estado, sobre todo si comparamos este dato con el 11.2 por ciento (*Anuario Estadístico INEGI, 1998*) de superficie agrícola a nivel nacional, o el 26 por ciento del área agrícola en la entidad.

Cuadro 3. Clases de uso del suelo y estadísticas presentadas en porcentaje y hectáreas de la región Sur del estado de Querétaro. CQRN 2001.

Clase de uso del suelo	%	Ha
Agricultura de temporal	36.66	146 635.22
Agricultura de riego	16.02	64 080.93
Matorral subtropical	17.17	68 696.61
Pastizal	10.06	40 224.12
Matorral crasicaule	5.11	20 454.59
Bosque de encino	6.54	26 153.72
Bosque de pino	0.04	153.35
Urbano	4.57	18 264.26
Erosión	2.05	8 216.80
Cuerpos de agua	0.97	3 871.01
Industrial	0.66	2 629.26
Granjas y establos	0.16	621.12
Total	100.00	400 001.00

Los matorrales en conjunto abarcan un 22 por ciento de la zona revisada, constituyendo así la vegetación natural más abundante. El matorral subtropical es el más conspicuo, con más del 17 por ciento, y el crasicaule sólo con poco más del 5. Los pastizales, todos ellos inducidos, abarcan poco más del 10 por ciento

del área, aunque se les encuentra asociados a la agricultura de temporal. Por ello, es posible que en estudios de más detalle se encuentre que la proporción de pastizal sea mayor, particularmente en los municipios de Huimilpan, Amealco y San Juan del Río.

Los bosques templados, predominantemente encinares, se agrupan en manchones de las zonas montañosas de Amealco y Huimilpan, así como al norte de los municipios de El Marqués y Querétaro. Abarcan, en conjunto con las diminutas áreas de pinares, sólo el 6.5 por ciento de la región estudiada.

El desmesurado crecimiento de los dos centros de población principales (San Juan del Río y la capital estatal) con sus áreas conurbadas, contribuye en gran medida al incremento en el área urbana, un total de 182.29 Km², casi el 4.6 por ciento del área de los municipios sureños (tanto como el 1.55 por ciento de la superficie estatal, contra el 0.82 por ciento de todas las localidades del estado en 1991 (CQRN, 1992)). Los terrenos dedicados a uso industrial y las granjas –principalmente de producción de pollo– cubren un 0.82 por ciento de la superficie de los municipios estudiados.

5 CONCLUSIONES

5.1 Cambios en el uso del suelo

En algunas regiones de la Zona Sur, principalmente sobre el corredor Querétaro-San Juan del Río, se observa que la superficie de suelos agrícolas está disminuyendo en alguna medida, aunque los terrenos con infraestructura de riego han tendido a aumentar en algunas áreas. En los municipios de Corregidora, Querétaro y San Juan del Río se observa un importante crecimiento de las áreas construidas (urbana, industrial, servicios), cuyas causas y distribución conviene analizar a fondo.

Otra observación de importancia consiste en el hecho, no reflejado adecuadamente en la cartografía que se presenta, de que las zonas temporales han sido abandonadas, por varios ciclos o años, en una proporción no evaluada en este estudio, lo que ha provocado se incremente la superficie de pastizales y vegetación secundaria de matorrales. Lo anterior merece estudios adicionales que evalúen y analicen a detalle dicho fenómeno.

En todo caso, como se ha expuesto ya, la zona agrícola en el conjunto de municipios del sur y suroeste de la entidad, sigue siendo muy elevada: de más del doble de la proporción de agricultura en todo Querétaro y más de 4 veces la proporción de áreas agrícolas en el país.

Desgraciadamente no contamos hasta el momento con un método para comparar adecuadamente las proporciones en las que los diversos usos se presentan en la actualidad, con relación levantamientos realizados hace años.

5.2 Aplicaciones futuras

Existe la prioridad de obtener mejores resultados de clasificación, al incluir más información de referencia y otras reglas de decisión, como son los atributos del terreno (altitud, relieve local, fisiografía), así como con la incorporación de las unidades ecológicas de paisaje definidas por la delimitación de los procesos geomorfológicos e hidrológicos.

La inclusión del modelo de elevación en el proceso de georreferenciación, como una banda más de la imagen, ayudará a mejorar los resultados de clasificación con mayor exactitud en cuanto a la ubicación de puntos de control del terreno y sitios conocidos, como áreas de entrenamiento. Lo anterior reviste gran importancia para estudios dentro de la zona serrana (Sierra Gorda) de la entidad, mismos que presentan mayores índices de confusión debido a sombras y otros problemas relacionados con el relieve y la pendiente.

Es necesario optimizar el análisis de la información de manera uniforme y completa, cuando se tiene acceso a las tecnologías de proceso de imágenes y a los datos de satélite. En el CQRN no existe razón tecnológica para no continuar en este proceso de generación del uso del suelo actual del estado, con fines de planificación, ordenamiento, cambios de uso del suelo, nuevos desarrollos, etcétera.

Dos aspectos interesantes que concuerdan con las actividades de investigación que actualmente se realizan en el CQRN, son: el hecho de la conveniencia de utilizar y explotar al 100 por ciento las imágenes *Landsat* con el fin de actualizar la información del uso del suelo e integrarla a un SIG con la mira de ordenar y actualizar de manera permanente lo relativo al uso del suelo.

Es prioritario dar continuidad y tener consistencia en la investigación futura con base al presente estudio, en lo referente a las evaluaciones de las regiones árida del centro y Sierra Gorda del norte del estado. Tal información es esencial para los planes de conservación, integración y desarrollo de la diversidad biológica. Por lo tanto, el mejor indicador de éxito del presente proyecto será el que los mapas que se generen estén siendo utilizados, integrados y arrojen resultados con su aplicación por los tomadores de decisiones.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adinarayana J. y R. Krishna N. (1996). Integration of multi-seasonal remotely-sensed image for improved land use classification of a hilly watershed using geographical information systems. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 17, No. 9, 1679-1688.
- Colby, J.D. y Keating P.L. (1998). Land cover classification using Landsat TM imagery in the tropical highlands: the influence of anisotropic reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 19, No. 8, 1479-1500.
- Foody, G. M. y Hill R.A. (1996). Classification of tropical forest classes from Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 17, No. 12, 2353-2367.
- García, D. G. R. y J. G. Valtierra. (1997). Uso del suelo y vegetación de la microcuenca de San Miguel de Allende, Guanajuato. Centro Queretano de Recursos Naturales. CONCYTEQ-Universidad Autónoma de Querétaro.
- García, N. H. (1999). Aptitud de uso de suelo en el Distrito de Desarrollo Rural 004, Celaya, Guanajuato. Una aplicación del enfoque de límites de transición gradual (fuzzy) utilizando SIG. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, 162 pp. México.
- Anuario Económico 2000. Gobierno del Estado de Querétaro. Secretaría de Desarrollo Sustentable. 299 pp.
- Hyman, A.H. y Barnsley M.J. (1997). On the potential for land cover mapping from multiple-view-angle (MVA) remotely-sensed images. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 18, No. 2471-2475.
- INEGI (1998). Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Mexico.
- INEGI SPP (1983). Cartografía de aguas superficiales. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI SPP. Cartografía de regionalización fisiográfica, esc. 1:1 000 000 y 1.500 000. Dirección General de Geografía. Mexico.
- INEGI SPP. Cartas edafológicas esc. 1:250 000 y 1:50 000. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI SPP Cartografía geológica. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI SPP Cartografía de climas. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI (2000). Información Geográfica hacia el Tercer Milenio. Aguascalientes, México.
- Kontoes, C., Wilkinson G.G., Burrill A., Goffredo S. y Mégier J. (1993). An experimental system for integration of GIS data in knowledge-based image analysis for remote sensing of agriculture. *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol 7, No. 3, 247-262.
- Lillesand, T. M. y Kiefer R.W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc. U.S.A.
- Lobo, A., Chic O. y Casterad A. (1996). Classification of Meditterean crops with multisensor data: per-pixel versus per-object statistics and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 17, No. 12, 2385-2400.

- Okamoto, K. y Kawashima H. (1999). Estimation of rice-planted in the tropical zone using a combination of optical and microwave satellite sensor data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 20, No. 5-1045-1048.
- Ortíz, M.J., Formaggio A. R. y Epiphanio J.C.N. (1997). Classification of Croplands through integration of Remote Sensing, GIS and Historical Database. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 18, No. 1, 99-105.
- Pax, L.M., Woodcock E. C., Collins B. J., y Hamdi Hassan. (1996). The status of agricultural lands in Egypt: the use of multitemporal NDVI features derived from Landsat TM. *Remote Sensing Environ.* 56:8-20.
- Pineda, L. R. y L. Hernández S. (2000). La microcuenca Santa Catarina, Querétaro: estudios para su conservación y manejo. UAQ-SEMARNAP. Santiago de Querétaro, Qro.
- Phinn, S.R. (1998). A framework for selecting appropriate remotely sensed data dimension for environmental monitoring and management. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, No. 17, 3457-3463.
- Ricotta, C. y Avena G.C. (1999). The influence of fuzzy set theory on the area extent of thematic map classes. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 20, No. 1, 201-205.
- SARH (1991). Inventario Nacional Forestal de Gran Visión. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría Forestal. SARH. México.
- Smara, Y., Belhadj-Aissa A., Sansal, Lichtenegger J., y Bouzenoune A. (1998) Multisource ERS-1 and optical data for vegetal cover assessment and monitoring in a semi-arid region of Algeria. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 18-3551-3568.
- Thenkabail, P.S. y Nolte C. (1996). Capabilities of Landsat 5 Thematic Mapper TM data in regional mapping and characterization of inland valley agroecosystems in West Africa. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 17, No. 8-1505-1538.
- Utah State University (2001), Department Of Geography and Earth Resources, Página Web (OJO, PONER TITULO DEL TEMA DE LA PAGINA) a cargo de R. Douglas Ramsey. En <http://www.gis.usu.edu/Geography-Department>
- Verstraete, M.M., Pinty B., y Curran P.J. (1999). MERIS potential for land applications. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 20, No. 9-1747-1756.
- Wilde, H., Jessen M., y Stephens P. (1996). Land use mapping using satellite data of Manawatu, New Zeland. *ITC Journal* 1996-2, 149-156.
- Zamudio R., S., J. Rzedowski, E. Carranza G. y G. Calderón de R. La Vegetación en el Estado de Querétaro (1992). Panorama Preliminar. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío/CONCYTEQ. Querétaro, México. 92 pp.
- Zhang J., y Foody G.M. (1998). A fuzzy classification of sub-urban land cover from remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 14, 2721-2738.

ANEXOS

Clases de uso del suelo, estadísticas y mapa del municipio de Amealco de Bonfil.

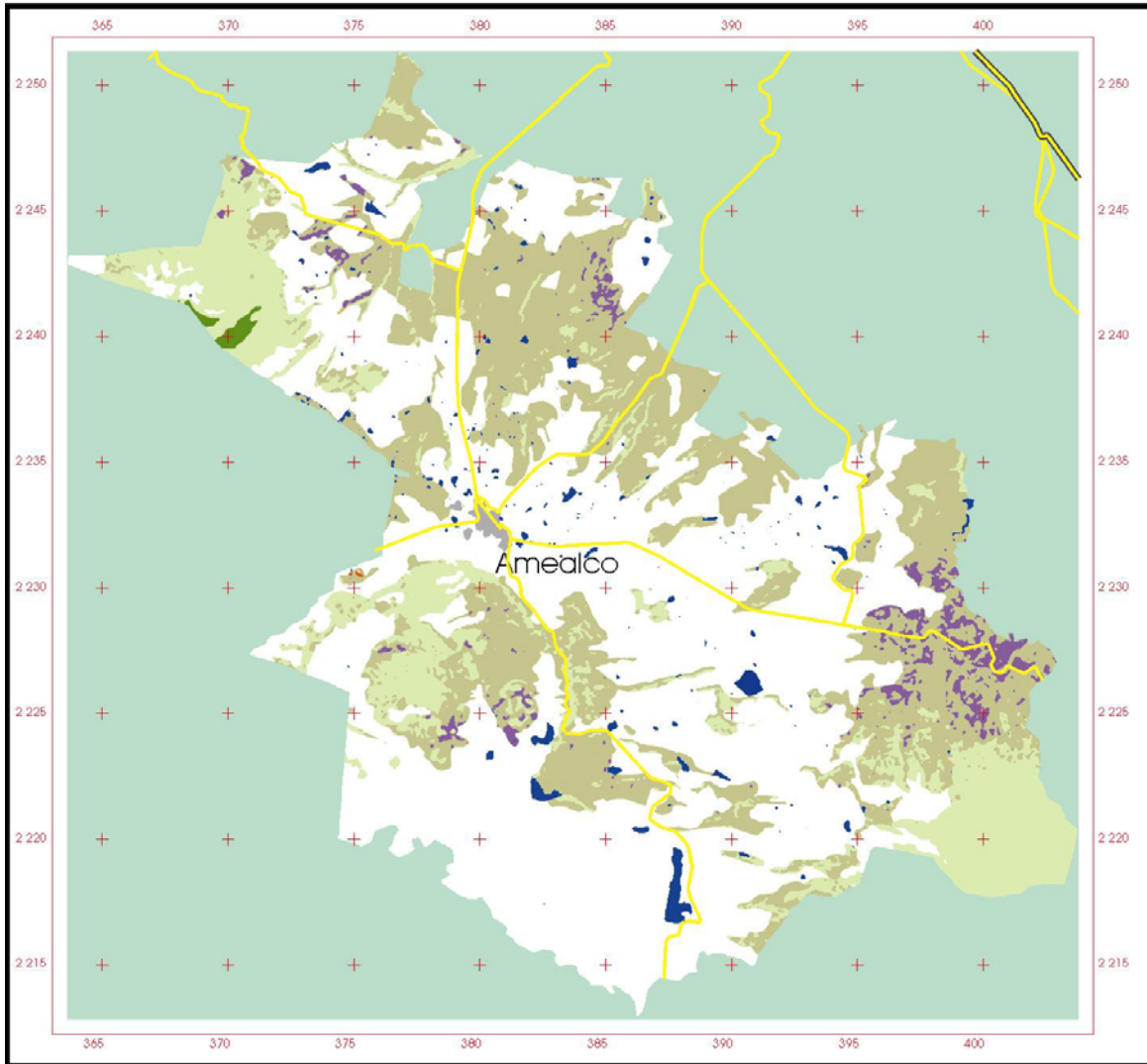
En el municipio de Amealco, las áreas dedicadas predominantemente a la agricultura de temporal –con frecuencia asociadas a pastizales– abarcan más del 54 por ciento de la superficie municipal. Existe una alta proporción de áreas con pastizales dominantes dedicadas a la ganadería extensiva, en íntima asociación con las primeras.

En general, los terrenos ocupados con pastos y cultivos de temporal suman casi el 82 por ciento del área municipal. En su gran mayoría estas zonas se encuentran en superficies de mesetas, o lomeríos suaves, sobre tepetates volcánicos, y presentan una proporción importante (no estimada en este estudio) de suelos erosionados moderada o fuertemente, cuestión que afecta no sólo la productividad de estos terrenos sino que también ha provocado el abandono de una parte de ellos. Los suelos que prácticamente se han perdido por erosión, en áreas compactas, suman poco más del 2 por ciento del territorio de Amealco, pero la erosión es un fenómeno muy frecuente y activo en el municipio.

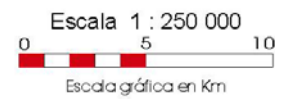
Igualmente, en Amealco hay bosques templados en diversas zonas montañosas –como la Sierra del Rincón y la Peña Ñadó– que totalizan un 14.5 por ciento del área municipal (más de 9 900 hectáreas). Son, predominantemente, encinares que se extienden también por entre diversas cañadas a lo largo de amplias zonas del municipio, lo que nos indica que numerosas zonas actualmente dedicadas al pastoreo, al temporal o abandonadas por su baja productividad, fueron en una época bosques de encino. Un pequeño manchón de pinos en las cumbres de El Rincón y varias plantaciones de éstos que datan de los años setenta, complementan prácticamente toda la vegetación arbolada del municipio.

Clase de uso del suelo	%	Ha.
Agricultura de temporal	54.17	37 681.88
Pastizal	27.70	19 265.87
Matorral crasicaule	0.01	6.78
Bosque de encino	14.32	9 963.04
Bosque de pino	0.22	153.75
Urbano	0.26	183.76
Erosión	2.03	1 415.08
Cuerpos de agua	1.28	889.85
Total	100.00	69 560.00

Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de Amealco



Proyección y cuadrícula UTM en Km. DATUM NAD 27



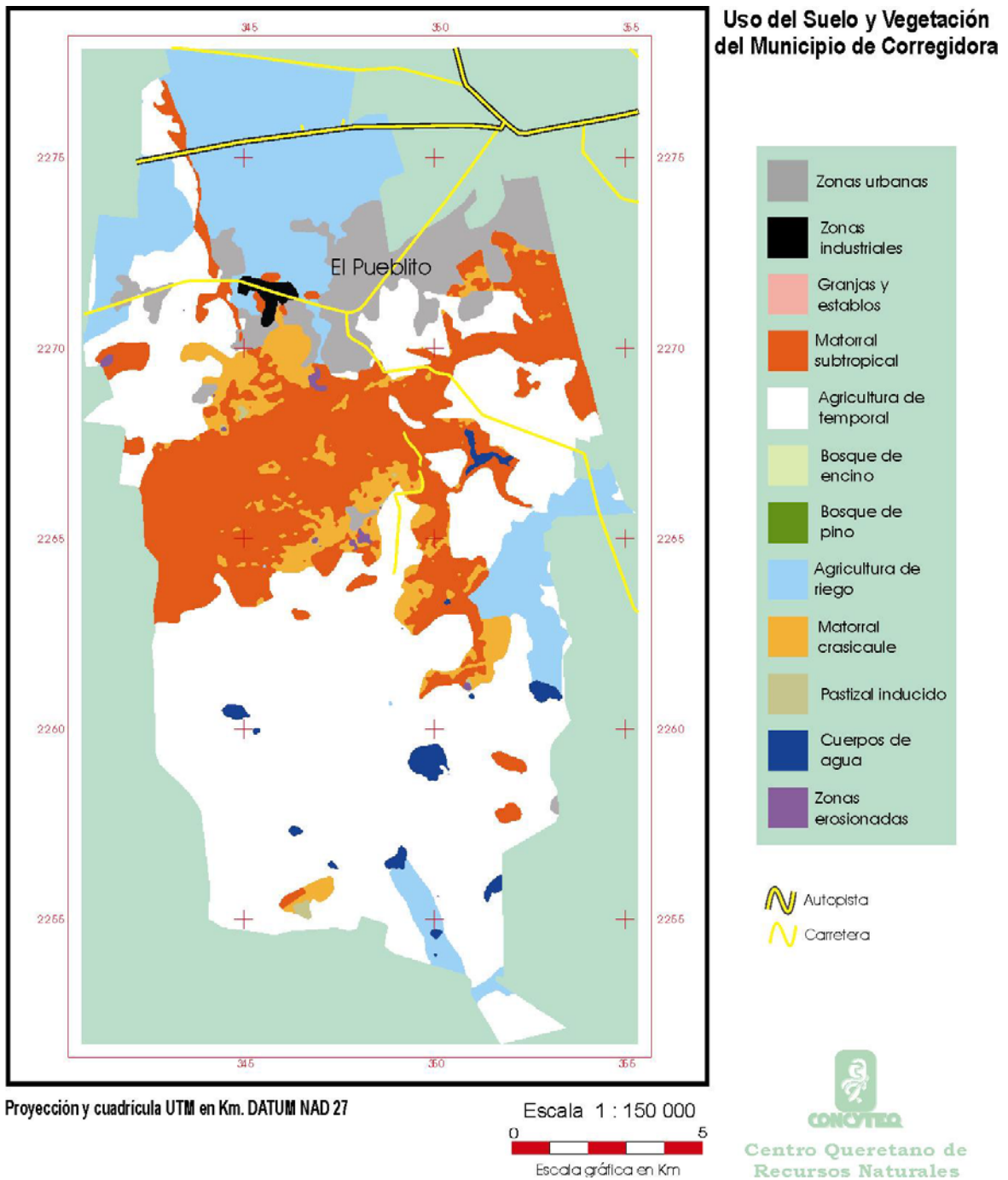
Clases de uso del suelo, estadísticas y mapa del municipio de Corregidora.

En el municipio de Corregidora la agricultura de temporal ocupa una gran extensión (casi la mitad del área total municipal), aunque cierta parte del área estimada en el presente estudio corresponde a parcelas abandonadas recientemente y a potreros asociados a la actividad temporalera. El porcentaje de áreas agrícolas irrigadas es de poco más del 17 por ciento de la superficie del municipio.

Los matorrales subtropical (20.24 por ciento) y crasicaule (5.09) sufren en buena parte alteraciones provocadas sobre todo por el pastoreo, y abarcan en conjunto poco más de la cuarta parte del área del municipio.

Por último, el área urbana de Corregidora es hoy de más del 7 por ciento de la superficie municipal, o sea, casi 1 700 hectáreas.

Clase de uso del suelo y vegetación	%	Ha.
Agricultura de temporal	48.36	11 432.25
Agricultura de riego	17.42	4 118.45
Matorral subtropical	20.24	4 785.16
Pastizal	0.12	28.14
Matorral crasicaule	5.09	1 203.26
Urbano	7.22	1 705.90
Erosión	0.19	44.28
Cuerpos de agua	0.97	229.40
Industrial	0.39	93.15
Total	100.00	23 640.00

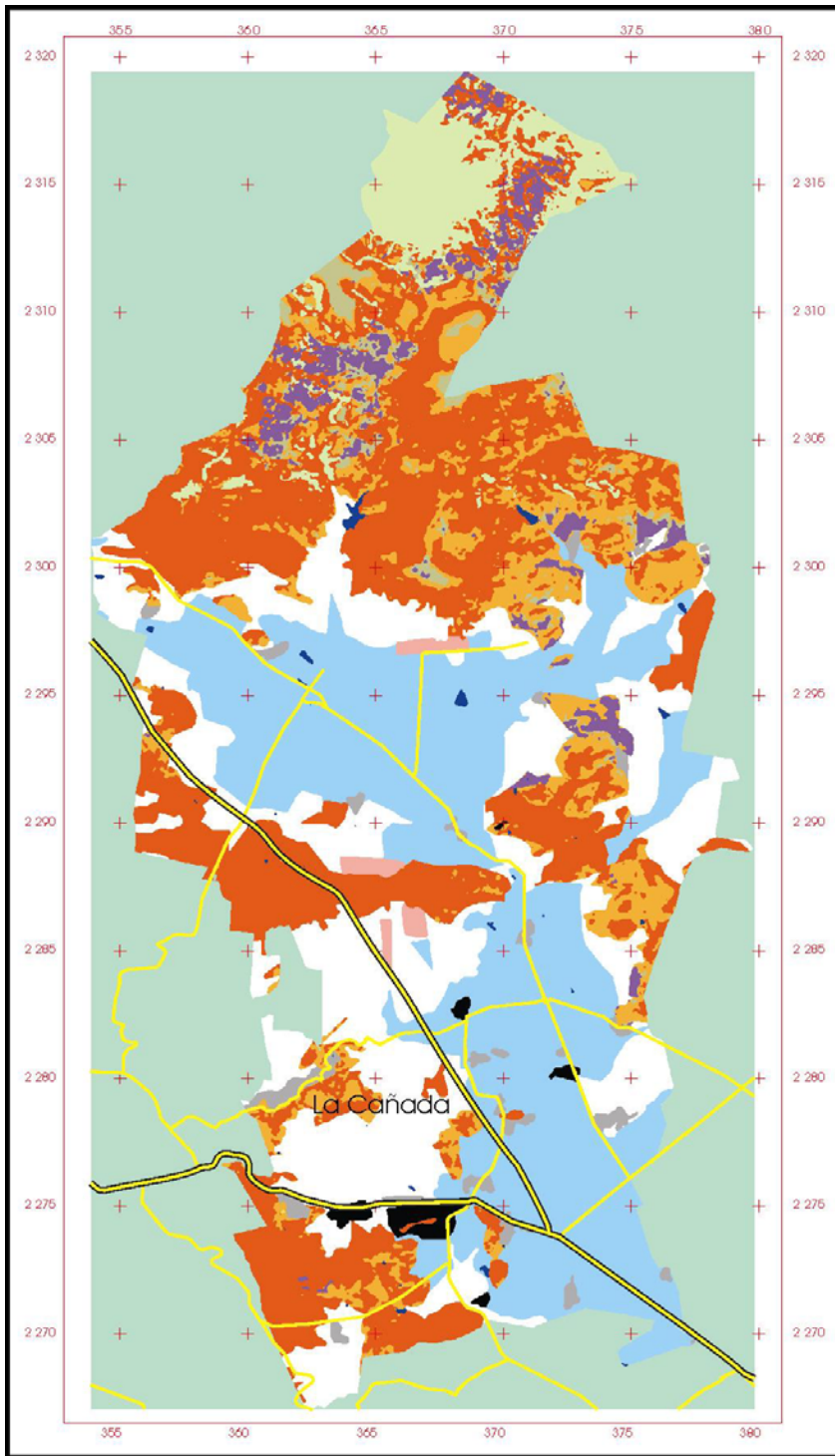


Clases de uso del suelo, estadísticas y mapa del municipio de Marqués.

La proporción de los diversos usos del suelo y la vegetación en el municipio de El Marqués, es típica de los municipios del corredor San Juan del Río-Querétaro. Las áreas dedicadas a la agricultura –riego y temporal– ocupan, entre ambas, casi la mitad de la superficie del municipio, si bien en las áreas clasificadas como temporales se incluyen también algunas zonas abandonadas y potreros. La infraestructura de riego se encuentra en casi el 28 por ciento de los terrenos, sólo por debajo de la superficie con matorrales subtropicales dominantes en zonas de lomeríos y cañadas (alrededor del 28.5 por ciento del área total del municipio). La vegetación natural incluye, además, áreas considerables de matorrales de cactáceas (casi el 10 por ciento) y algunos bosques de encino en las mesetas y laderas al norte del municipio (aproximadamente el 5 por ciento).

Vale la pena mencionar que en la zona septentrional de El Marqués, se localizan áreas que muestran fuerte erosión y abarcan casi el 3 por ciento de la superficie municipal, principalmente en laderas de mesetas y lomeríos. No se tiene una estimación de cuánto de esta erosión se debe al desmonte y cuál parte de ella se debe a procesos naturales, pero es probable que buena parte de la erosión evaluada se haya provocado por la influencia humana.

Clase de uso del suelo y vegetación	%	Ha.
Agricultura de temporal	21.16	16 602.53
Agricultura de riego	27.96	21 945.34
Matorral subtropical	28.26	22 174.89
Pastizal	1.64	1 285.06
Matorral crasicaule	9.68	7 597.77
Bosque de encino	5.05	3 962.18
Urbano	1.63	1 276.65
Erosión	2.98	2 335.72
Cuerpos de agua	0.26	204.08
Industrial	0.75	591.98
Granjas y establos	0.64	503.81
Total	100.00	78 480.00



Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de El Marqués



Autopista
Carretera

Proyección y cuadrícula UTM en Km. DATUM NAD 27



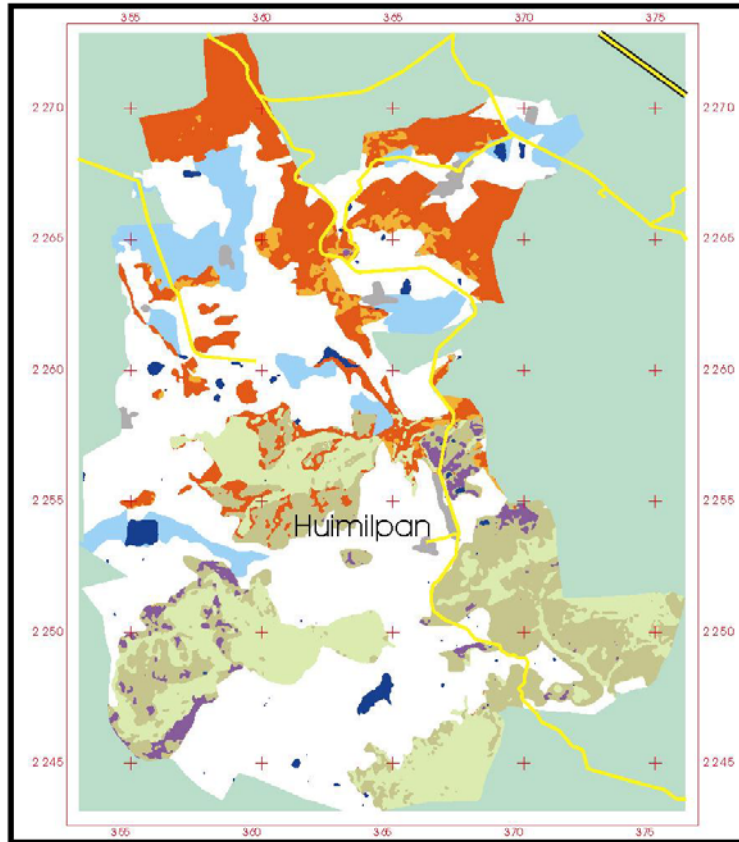
Clases de uso del suelo, estadísticas y mapa del municipio de Huimilpan

En este municipio, como es típico en la región meridional de la entidad, la agricultura de temporal asociada a pastizales y probablemente abandonada recientemente o hace algunos años, es la actividad que abarca una mayor superficie (poco más del 46 por ciento). Como ocurre de manera similar en Amealco, los pastizales abarcan una superficie considerable y están íntimamente relacionados a las áreas agrícolas de temporal, totalizando en conjunto casi el 60 por ciento de la superficie del municipio. Como en Amealco, es común la presencia de áreas con diversos grados de erosión y de zonas con pérdida total del suelo, las cuales abarcan casi el 1.8 por ciento de la superficie del municipio.

Los encinares ocupan casi el 14 por ciento del área municipal, y si bien están alterados en diversos grados, se mantienen en buena condición en zonas con mayor pendiente. Los matorrales subtropicales, hacia el Oriente del municipio, y algunos matorrales con cactáceas dominantes, complementan la vegetación natural, con una cobertura conjunta de prácticamente el 15 por ciento del municipio.

Clase de uso del suelo y vegetación	%	Ha.
Agricultura de temporal	46.30	18 979.59
Agricultura de riego	7.04	2 883.79
Matorral subtropical	13.60	5 573.53
Pastizal	13.46	5 516.24
Matorral crasicaule	2.01	825.79
Bosque de encino	13.73	5 629.20
Urbano	1.02	420.08
Erosión	1.77	724.07
Cuerpos de agua	1.07	437.72
Total	100.00	40 990.00

Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de Huimilpan



Proyección y cuadrícula UTM en Km. DATUM NAD 27 Escala 1 : 250 000
 0 5 10
 Escala gráfica en Km

Zonas urbanas	Zonas industriales	Granjas y establos	Agricultura de riego
Agricultura de temporal	Bosque de encino	Bosque de pino	Matorral subtropical
Matorral crasiocaula	Pastizal	Cuerpos de agua	Zonas erosionadas

Autopista
 Carretera



Clases de uso del suelo, estadísticas y mapa del municipio de Pedro Escobedo.

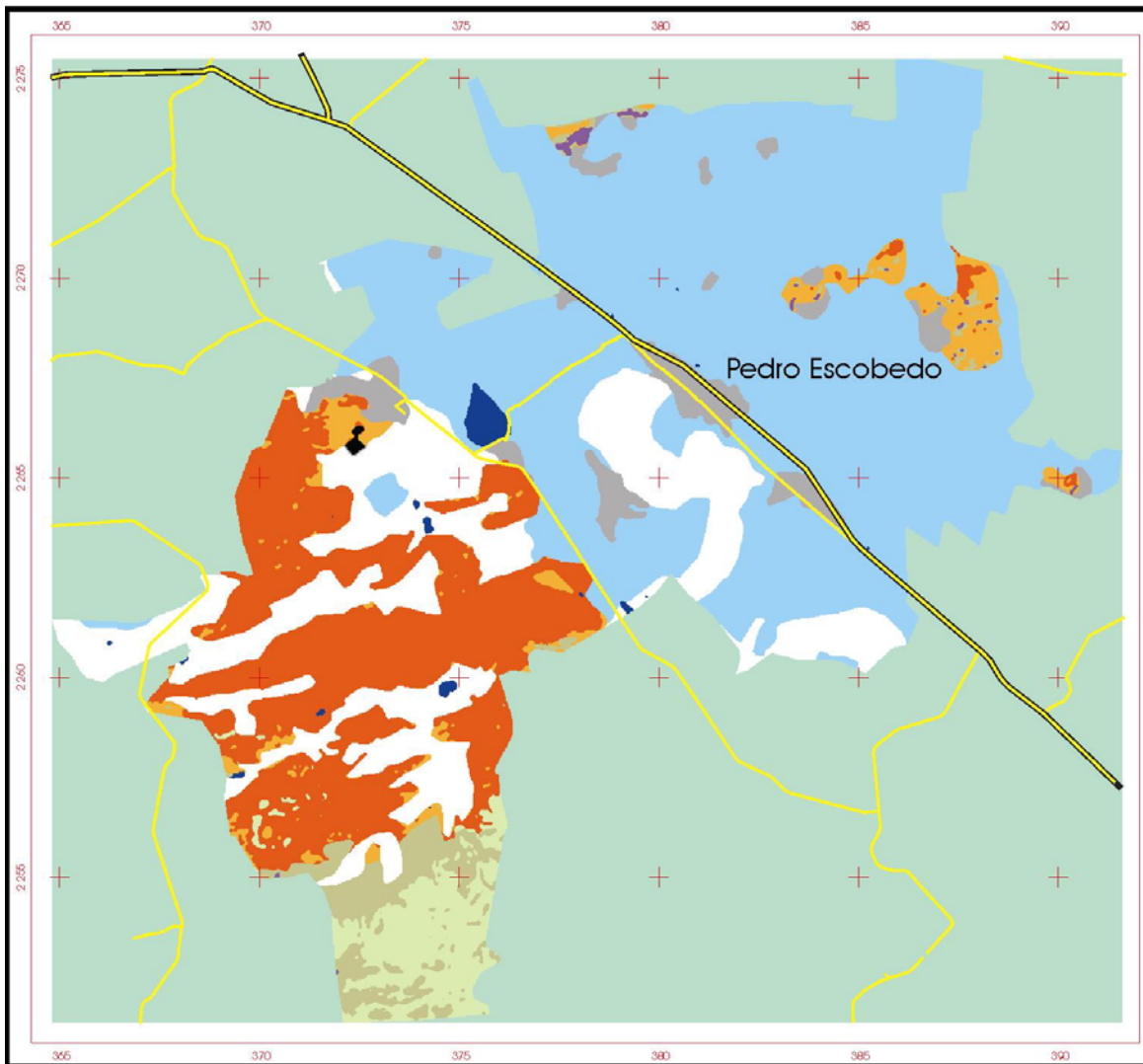
En porcentaje, la agricultura de riego es el uso que mayor área ocupa este municipio, prácticamente la mitad de su extensión total. Junto con la de temporal, abarcan un 67 por ciento del total municipal.

Dentro de las áreas con vegetación natural, domina el matorral subtropical con alrededor del 18 por ciento; el encinar con 4, y el matorral crasicaule con 3 por ciento de la superficie del municipio, aproximadamente.

El crecimiento de las zonas urbanas es muy apreciable, sobre todo en las localidades más cercanas a la autopista México-Querétaro, totalizando un poco más del 4 por ciento de la superficie del municipio.

Clase de uso del suelo y vegetación	%	Ha.
Agricultura de temporal	17.30	4 804.64
Agricultura de riego	49.37	13 715.82
Matorral subtropical	17.98	4993.71
Pastizal	3.22	893.70
Matorral crasicaule	3.39	941.99
Bosque de encino	3.82	1 061.92
Urbano	4.07	1 131.75
Erosión	17.30	4 804.64
Cuerpos de agua	0.58	161.94
Industrial	0.07	18.71
Total	100.00	27 780.00

Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de Pedro Escobedo



Proyección y cuadrícula UTM en Km. DATUM NAD 27

Escala 1 : 150 000



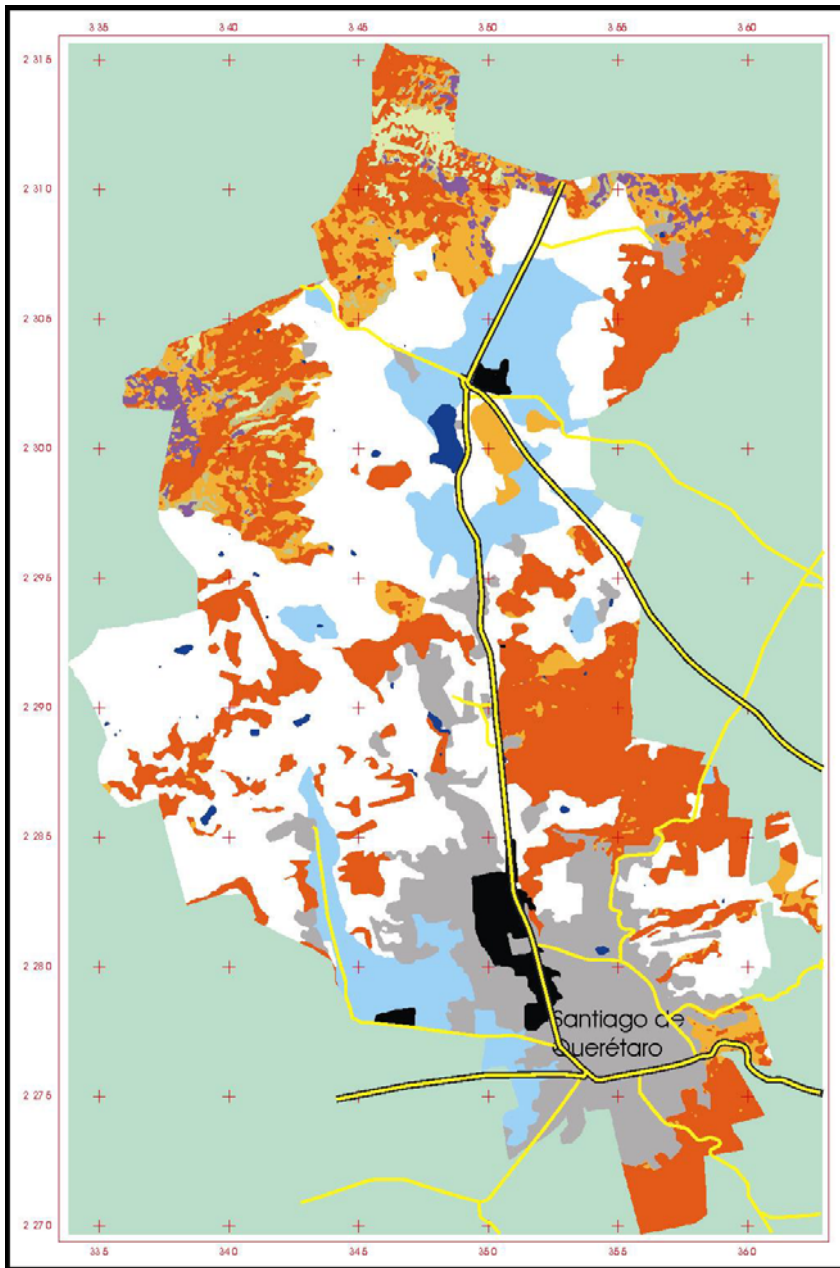
Clases de uso del suelo, estadísticas y mapa del municipio de Querétaro.

Este municipio presenta una distribución de los usos del suelo tal, que lo diferencia de todos los demás del Sur del estado. Lo anterior se explica porque es la zona más urbanizada del estado, sumando en conjunto casi el 14 por ciento de la superficie municipal. Los parques y otras zonas industriales cubren un área muy amplia, de casi el 1.73 por ciento.

Tiene grandes zonas de agricultura de temporal, si bien fueron abandonadas en gran parte y en años recientes. Están asociadas en alguna medida con pastizales, para totalizar cerca del 37 por ciento que, aunado al 10 por ciento de zonas agrícolas de riego, abarcan casi la mitad del municipio.

La vegetación natural, matorrales subtropicales y crasicale –26 y 7 por ciento, respectivamente– suman casi la tercera parte del área municipal. Los bosques de encino en las partes altas de los cerros de La Joya y Cerro Alto abarcan apenas el 1 por ciento de dicha área.

Clase de uso del suelo	%	Ha.
Agricultura de temporal	37.87	26 570.09
Agricultura de riego	10.20	7 156.88
Matorral subtropical	25.41	17 825.15
Pastizal	0.89	626.89
Matorral crasicale	7.26	5 094.96
Bosque de encino	1.01	709.19
Urbano	13.74	9 638.72
Erosión	1.30	915.32
Cuerpos de agua	0.59	416.87
Industrial	1.73	1214.93
Total	100.00	70 170.00



Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de Querétaro



Autopista
 Carretera

Proyección y cuadrícula UTM en Km. DATUM NAD 27



Clases de uso del suelo, estadísticas y mapa del municipio de San Juan del Río.

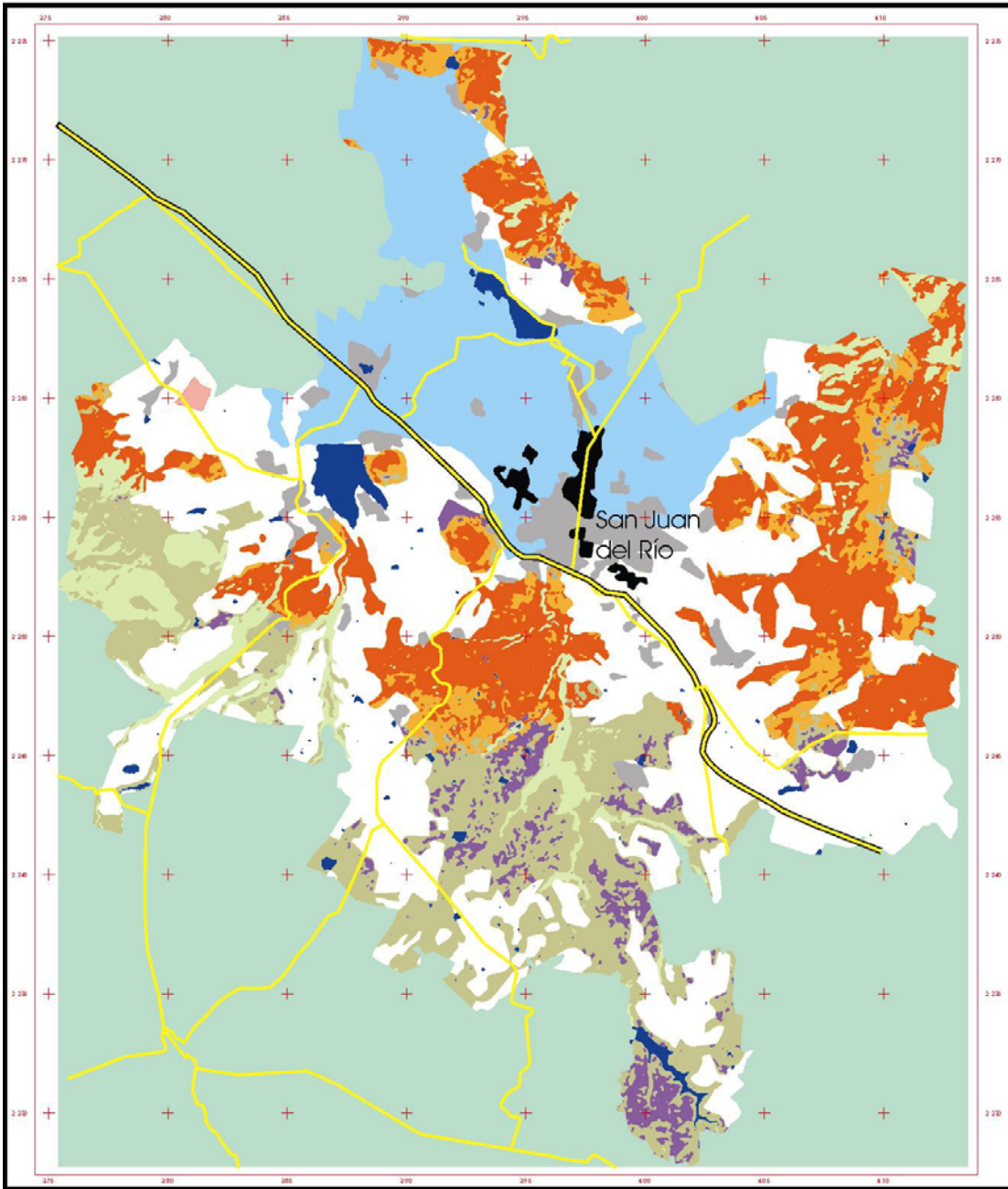
Como en otros municipios de la región, la agricultura de temporal y riego ocupan poco más de la mitad del área. La primera domina en las zonas más sureñas –de lomas y mesetas– que colindan con Amealco. Los pastizales asociados a las áreas agrícolas de temporal abarcan poco más del 14 por ciento, y las regiones con erosión intensa, muy localizadas en la Zona Sur, suman más del 3 por ciento.

Las zonas urbanas, particularmente la cabecera y demarcaciones industriales asociadas, cubren más del 5 por ciento del área municipal.

En cerros y lomas del centro y norte hay matorrales subtropical y crasicale, que en conjunto superan la quinta parte del área de San Juan; al sur –tierras altas colindantes con Amealco– un 5.5 por ciento de bosques de encino constituyen las mayores áreas de vegetación natural, alteradas en alguna medida en casi toda su extensión, como sucede en otros municipios.

Clase de uso del suelo y vegetación	%	Ha.
Agricultura de temporal	34.28	30 632.49
Agricultura de riego	15.94	14 247.70
Matorral subtropical	14.78	13 214.05
Pastizal	14.09	12 594.70
Matorral crasicale	5.34	4 775.88
Bosque de encino	5.49	4 906.83
Urbano	4.38	3 911.17
Erosión	3.05	2 727.92
Cuerpos de agua	1.72	1 536.07
Industrial	0.80	714.43
Granjas y establos	0.13	118.76
Total	100.0	89 380.0

Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de San Juan del Río



Proyección y cuadrícula UTM en Km. DATUM NAD 27

Escala 1 : 250 000

0 5 10

Escala gráfica en Km

Zonas urbanas	Zonas industriales	Granjas y establos	Agricultura de riego
Agricultura de temporal	Bosque de encino	Bosque de pino	Matorral subtropical
Matorral crasicaule	Pastizal	Cuerpos de agua	Zonas erosionadas

Autopista
 Carretera



Centro Queretano de Recursos Naturales

Sitios visitados, coordenadas, características y fotografías.

Nº	Latitud Norte	Longitud Oeste	Características del sitio
1	20° 38'	100° 16.5'	Cruce de carreteras Autopista a SLP y la Cañada
2	20° 38.636'	100° 13.815'	Cruce de carreteras La Griega-Amazcala y Tequisquiapan
3	20° 39.463'	100° 14.143'	Pastizal anual de <i>Chloris</i> y hacia el norte franja de eucaliptos
4	20° 41.261'	100° 12.800'	Cortina de bordo, camino a la comunidad El Lobo
5	20° 41.315'	100° 12.677'	Matorral espinoso, mezquite, matorral crasicaule, nopal, y órgano
6	20° 41.634'	100° 12.263'	Lado norte de la cerca: matorral, nopal, varadulce y engordacabra Lado sur de la cerca: zacate rosado, <i>Dalea</i> , <i>Celtis</i> y <i>Dodonaea</i> Frente a este sitio un cerro de matorral crasicaule espinoso
7	20° 43.044'	100° 11.873'	Matorral de <i>Ipomoea</i> , hierbas, suelo desnudo, sobrepastoreado, falda de cerro
8	20° 43.824'	100° 12.171'	Comunidad El Lobo
9	20° 44.653'	100° 12.211'	Frente al cerro El Mesote, agricultura de temporal y piedemonte del Cerro Blanco
10	20° 45.220'	100° 12.969'	Comunidad de Alfajayucan
11	20° 44.88'	100° 14.282'	Banco de material de tepetate
12	20° 47.267'	100° 22.261'	Matorral crasicaule de mezquite, nopal, órgano, gatuño Suelo desnudo con pastos anuales
13	20° 47.636'	100° 22.738'	Matorral subtropical, zacate búfalo, suelo cubierto por herbáceas; zacate banderilla y herbáceas anuales
14	20° 40.455'	100° 21.636'	Juzgado Penal, CERESO, San José El Alto
15	20° 42.436'	100° 20.662'	Cruce carretero Penal-Chichimequillas con Autopista San Miguel Allende
16	20° 45.068'	100° 19.189'	Cruce carretero Chichimequillas-Amazcala
17	20° 46.263'	100° 19.166'	Cruce de vía férrea con camino a La Laborcilla, Sta. Ma. de los Baños
18	20° 48.879'	100° 18.537'	Cortina Presa el Carmen, rumbo a La Laborcilla
19	20° 52.495'	100° 17.564'	Fuerte pendiente con erosión, matorral crasicaule espinoso
20	20° 41.42'	100° 26.15'	Puente Juriquilla y carretera a San Luis Potosí, por la lateral, con sentido sur-norte, aproximadamente a 30 metros de la glorieta
21	20° 42.65'	100° 25.98'	Matorral subtropical, <i>Ipomoea</i> , <i>Bursera</i> , <i>Acacia</i> , <i>Prosopis</i> , <i>Mimosa</i> , garambullo
22	20° 45.41'	100° 26.63'	Campo de alfalfa, por la lateral de la carretera a SLP, en sentido sur-norte
23	20° 46.80'	100° 26.98'	Agricultura de temporal
24	20° 51.81'	100° 24.95'	Plantación de nopal para tuna, adelante del poblado Jofre
25	20° 52.19'	100° 23.77'	Cruce de la vía férrea con la carretera del poblado Jofre
26	20° 51.54'	100° 22.27'	Erosión hacia el norte sobre cerro, matorral subtropical. Comunidad La Gotera, casita en el cerro, viendo hacia el norte; suelo totalmente desnudo y pedregoso con <i>Dodonaea viscosa</i>
27	20° 47.32'	100° 22.53'	Matorral crasicaule de nopal, huzache y garambullo
28	20° 47.78'	100° 24.17'	Áreas de agricultura de temporal, al lado de la carretera El Pinto-Chichimequillas
29	20° 48.20'	100° 24.78'	Cortina de presa asolvada, cerca de El Pinto
30	20° 42.57'	100° 28.77'	Matorral subtropical
31	20° 49.57'	100° 29.22'	Entrada al relleno sanitario de Mompaní

USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN DE LA ZONA SUR DEL ESTADO DE QUERÉTARO

32	20° 35.49'	100° 28.13 '	Entrada empresa Central Quim. SA de CV, a un lado de Agrogen; gran contenido de azufre, agricultura de riego de frente
33	20° 39.65'	100° 30.87 '	Banco de tepetate
34	20° 34.13'	100° 26.28 '	Agricultura de riego. Alfalfa
35	20° 31.7'	100° 20.25 '	Cruce caminos Huimilpan-desviación a Pollos Querétaro
36	20° 28.072'	100° 17.77 '	Agricultura de temporal
37	20° 24.27'	100° 16.15 '	Pastizal inducido con alteración de roca madre, sobrepastoreado
38	20° 22.08'	100° 15.95 '	División de eucalipto con suelo desnudo y pastizal degradado
39	20° 19.52'	100° 14.34 '	Erosión, encino muy perturbado, pastizal
40	20° 16.84'	100° 12.19 '	Erosión, pastizal y cárcavas iniciales
41	20° 16.07'	100° 15.60 '	Laguna de Servín, Huimilpan
42	20° 16.18'	100° 9.46 '	Pastizal en condiciones buenas
43	20° 9.11'	100° 1.13 '	Agricultura de temporal, erosión y formación de cárcavas
44	20° 9.00'	99° 54.73 '	Erosión fuerte
45	20° 11.37'	100° 0.14 '	Agricultura de temporal



Sitio No. 3



Sitio No. 4.



Sitio No. 5.



Sitio No. 6 lado sur.



Sitio No. 6 lado norte.



Sitio No. 18.



Sitio No. 21.



Sitio No. 22.



Sitio No. 23



**CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL ESTADO
DE QUERETARO**



Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

