

ANEXO

PROYECTO:

CAMBIO DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN DE DURANGO ANALIZADO MEDIANTE SIGs

Clave: 20040569

RESUMEN

En el norte de México, las actividades humanas y la tendencia climática hacia condiciones más cálidas y secas están generando una modificación de la cubierta vegetal y del uso del suelo, reduciendo la superficie de los bosques y causando una retracción de éstos hacia mayores elevaciones. Un reciente análisis de la vegetación de Durango mediante sensores remotos, Sistemas de Información Geográfica y verificación de campo permite cuantificar las superficies que cada tipo de vegetación y uso del suelo tenían en Marzo de 2000. El objetivo de este proyecto fue determinar los cambios ocurridos en dos zonas de Durango a partir de 1980 y plantear un modelo conceptual para predecir las tendencias a mediano plazo. Se hizo una comparación entre la información cartográfica de 1980 y 1982 del INEGI y las unidades cartográficas reconocidas para Durango en las imágenes Landsat de Marzo de 2000, cotejando con verificaciones de campo. Se encontró que los bosques de pino-encino están siendo desplazados por matorrales de manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y/o de charrasquillo (*Quercus depressipes*) y algunos bosques de encino están siendo substituidos por matorral de *Dodonaea viscosa*. En varias comunidades la regeneración de árboles es insuficiente para reemplazar las poblaciones existentes. El incremento de arbustivas está ligado a un estado de deterioro provocado por tala, sobrepastoreo e incendios. El análisis de las modificaciones y los posibles factores que las han determinado provee de información que representa una herramienta para la mejor planeación del uso y manejo de los ecosistemas y para la aplicación de las medidas de conservación, aprovechamiento, mitigación y restauración más adecuadas.

INTRODUCCIÓN

Extensas áreas de bosque en la Sierra Madre Occidental se encuentran perturbadas, y la vegetación secundaria resultante ha sido escasamente documentada. La vegetación cercana a la ciudad de Durango ha sido explotada durante más de cuatro siglos como fuente de leña y carbón, y anteriormente por ser asentamiento de culturas precolombinas (Hendricks, 1958). Los incendios, el sobrepastoreo y la extracción de leña, aunados a condiciones climáticas poco favorables han provocado innumerables cambios en la vegetación.

Los períodos de sequía son parte de ciclos naturales, pero los cambios climáticos drásticos de los últimos años son resultado de desajustes en la atmósfera causados por el hombre. El incremento de CO₂ atmosférico está modificando el clima, lo que a su vez ocasiona cambios en la composición de especies y reducción de los bosques de clima templado (Fisher et al. 1995; Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez 1998). Los patrones de cambio pueden apreciarse mediante la descripción de incremento y decremento de especies (Pickett et al. 1987) y su relación con algunos factores de disturbio (Pickett y McDonnell, 1989). Las interacciones con herbívoros y patógenos pueden ser importantes en el curso de la sucesión (Connell y Slatyer, 1977) y, aunados a factores como bajo vigor de los árboles, ataque de plagas y requerimientos de germinación no alcanzados, inciden en una escasa regeneración de pinos y encinos (Pickett et al. 1987).

Los procesos de deforestación actuales pueden impactar el clima a escala regional en períodos incluso menores que los propuestos bajo el esquema de cambio climático (Magaña R., V., 2001).

Adicionalmente a los cambios en los regimenes climáticos, se dan pérdidas de diversidad biológica y pérdidas de suelo. Por cada hectárea de suelo de conservación (suelo con capacidad de absorber e infiltrar agua) que se pierde (ej. por urbanización) se dejan de captar 2.5 millones de litros de agua al año (Mostache 2000).

Por lo anterior, es importante entender los procesos de sucesión y aplicar mecanismos para mitigar las tendencias indeseables. La información aportada en este trabajo puede fundamentar investigaciones futuras y ser útil para reorientar programas de manejo.

Con base en los requerimientos de temperatura media y precipitación media anual de los tipos de vegetación principales de Durango (Cuadro 1), y de las tendencias de cambio de clima, se plantea un modelo conceptual de las tendencias de modificación de la vegetación para el año 2050. Se parte de la hipótesis nula de que las modificaciones climáticas y de uso del suelo no repercutirán en la extensión de las comunidades vegetales de clima templado (bosques de pino y de encino) para el año 2050.

	Temperatura media anual °C	Precipitación media anual (mm)
MATORRAL XERÓFILO	12-22	100-700
PASTIZAL	12-18	300-600
BOSQUE DE ENCINO	12-16(20)	500-1200
BOSQUE DE PINO	6-16	600-1500
BOSQUE MESÓFILO	12-18	1000-2200
BOSQUE TROPICAL	18-26	400-700

Cuadro 1. REQUERIMIENTOS DE TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL PARA LOS PRINCIPALES TIPOS DE VEGETACIÓN DE DURANGO

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una cuantificación de los cambios ocurridos en la cubierta vegetal de dos microcuencas del centro de Durango (El Carpintero y La Saucedá), entre 1980-1982 y 2000. Se comparó la información cartográfica generada por el INEGI con las unidades cartográficas reconocidas para esas dos microcuencas en imágenes Landsat de Marzo de 2000, y los datos se cotejaron mediante verificaciones de campo. Se definieron unidades de vegetación y de uso del suelo de primero y de segundo orden. Las superficies que cada una de estas unidades tenían en Marzo de 2000 se compararon con las de la cartografía de 1980.

La evaluación del cambio del uso del suelo y la vegetación incluyó las siguientes actividades: a) verificación *in situ* de las categorías reconocidas en las imágenes; b) georreferenciación de sitios representativos de cada categoría; c) registro de datos del medio físico (coordenadas, elevación, topografía); d) registro de datos de la vegetación o uso del suelo (especies dominantes, especies indicadoras); e) registro del grado de cobertura del dosel para las categorías de bosque; f) Colección de referencia de las especies dominantes e indicadoras de cada tipo de vegetación; g) identificación de las especies dominantes y especies indicadoras; h) cotejo de la información de campo con la recabada de las bases cartográficas.

La información se complementó con la interpretación de los datos de manejo de las áreas estudiadas, y con observaciones directas relacionadas con los principales eventos climáticos extremos en Durango en los últimos años (helada de 1997 y sequía de 1998).

Aunque el método usado tiene limitaciones (discutidas por Austin, 1977; Peet y Christensen, 1980; González *et al.*, 1993), su elección se basó en la carencia de comunidades equivalentes no perturbadas para comparación y en la escasa factibilidad de permanencia de puntos de muestreo periódicos para estudios a largo plazo.

La información recabada se aplicó para la elaboración de un modelo conceptual para predecir las tendencias a mediano plazo.

ACTIVIDADES

1. Cuantificación del cambio del uso del suelo y la vegetación entre 1980 y 2000.
 - 1ª. Selección de las áreas de estudio (considerando dos zonas con condiciones ecológicas similares pero con diferentes historiales de manejo).
 - 1b. Identificación de las unidades cartográficas (categorías de vegetación y de uso del suelo) reconocidas en la cartografía del INEGI.
 - 1c. Cuantificación de la superficie ocupada por cada categoría en las imágenes Landsat ETM de marzo 2000 (ya cartografiadas para Vegetación de Durango).
 - 1f. Cuantificación, para cada categoría, de la superficie en la que se detectan modificaciones sin cambio de categoría entre 1980 y 2000.
 - 1g. Cuantificación, para cada categoría, de la superficie en la que se detectan modificaciones con cambio de categoría entre 1980 y 2000.
 - 1h. Comparación de superficies de cada categoría entre 1980 y 2000.
2. Evaluación del cambio del uso del suelo y la vegetación entre 1980 y 2000.
 - 2a. Verificación in situ de las categorías reconocidas en las cartografías.
 - 2b. Georreferenciación (mediante el uso de un sistema de posicionamiento global (Garmin) de los sitios representativos de cada categoría.
 - 2c. Registro de datos del medio físico (coordenadas, elevación, topografía)
 - 2d. Registro de datos de la vegetación o uso del suelo (especies dominantes, especies indicadoras).
 - 2e. Registro del grado de cobertura del dosel para las categorías de bosque.
 - 2f. Colección de referencia de las especies dominantes e indicadoras de cada tipo de vegetación.
 - 2g. Identificación de las especies dominantes y especies indicadoras.
 - 2h. Cotejo de la información de campo con la recabada de las bases cartográficas.
3. Una base de datos para relacionar las categorías de uso del suelo y vegetación con variables climáticas e historial de manejo.
 - 3a. Diseño de base de datos (Access).
 - 3b. Documentación del historial de manejo de las áreas de estudio para detectar los principales mecanismos y procesos de modificación de los ecosistemas.
 - 3c. Documentación de las proyecciones climáticas regionales para el año 2050.
 - 3d. Captura en la base de datos por sitios georreferenciados (incluyendo variables climáticas (T max y min, Precipitación media), historial de manejo, y categorías de vegetación y uso del suelo).
 - 3e. Generación de una base de datos relacionales combinando las proyecciones climáticas con las categorías reconocidas.
4. Un modelo conceptual de efectos potenciales del cambio climático sobre las zonas de vegetación de Durango.
 - 4a. Recuperación y análisis de la información.
 - 4b. Detección de modificaciones en la zonación natural de la vegetación (distribución en ciertos intervalos altitudinales, dependiendo de sus requerimientos y tolerancia a temperaturas).
 - 4c. Detección de los ecosistemas con mayor grado de riesgo.
 - 4d. Análisis de la proyección (al año 2050) sobre el uso del suelo y la cubierta vegetal si las tendencias actuales naturales y de uso del recurso se mantienen.
5. Presentación y divulgación de resultados.
 - 5a. Análisis y sistematización de la información
 - 5b. Elaboración de manuscrito para artículo en publicación arbitrada.
 - 5c. Elaboración de manuscrito para artículo de divulgación.

RESULTADOS:

La cuantificación de los cambios ocurridos en la cubierta vegetal de la microcuenca El Carpintero entre 1980 y 2000, indica que la superficie arbolada se ha reducido en un 49% a costa de expansión de chaparrales y de áreas dominadas por herbáceas (Figs. 1-3). Entre las principales causas de cambio están la modificación directa por actividades humanas (extracción de madera y apertura de áreas para pastoreo) y por factores antropogénicos indirectos. La tendencia climática hacia condiciones más cálidas y secas parece ser un factor que está propiciando la expansión de los chaparrales.

Para la microcuenca La Saucedá (Fig. 4, A-B), los cambios detectados entre 1982 y 2000 indican una reducción de la cobertura de bosques a expensas de áreas sin árboles (áreas de color blanco en imagen B). Los manchones pequeños de color rosa más intenso al norte del área indican zonas de conservación de bosque, en una propiedad privada.

BOSQUES DE PINO-ENCINO.

Se presenta mortandad de árboles debido a sequía y al ataque de plagas (principalmente descortezadores de pinos). La especie más afectada es *Pinus leiophylla*.

En bosques perturbados el estrato de juveniles y arbustivas está generalmente dominado por manzanita (*Arctostaphylos pungens*) o por *Quercus depressipes*. El inventario de plántulas indica baja regeneración de especies arbóreas.

Por otra parte, en cañadas con relativamente alta humedad ambiental ubicadas en serranías más o menos secas persisten todavía especies que son características de sitios más fríos y húmedos. Por ejemplo, en la Sierra del Epazote en Canatlán, Dgo., se localizan *Cupressus arizonica*, *Pinus ayacahuite*, *P. durangensis* y *Quercus rugosa* en una cañada en medio de bosque seco de pino piñonero (*P. cembroides*). Se considera que estos árboles son elementos relictuales de épocas más frías y húmedas en que esos bosques ocupaban áreas mayores, hace unos 8,000 años.

BOSQUES DE ENCINO.

En bosques de encino de clima templado-seco, el encino colorado (*Quercus eduardii*) es la especie dominante, con escasos *Q. chihuahuensis*, *Q. conzattii* y *Q. grisea*. *Quercus eduardii* tiene una densidad de 42 árboles/ha (80% del total) (Casas et al. 1995). En el estrato medio el arbusto *Dodonaea viscosa* ("matagusano") es dominante florística y fisonómicamente. *Arctostaphylos pungens* destaca en sitios sometidos a incendios para favorecer el crecimiento de pastos. La única especie arbórea que presenta regeneración es *Q. eduardii*.

Los valores de regeneración son bajos, en contraste con lo encontrado para un bosque dominado por la misma especie en un área protegida (González et al. 1993). La comparación de estructuras entre estratos, la dominancia de *Dodonaea viscosa* y la presencia de matorrales casi puros de *Dodonaea* en áreas adyacentes sometidas a perturbación más intensa, indican que el encinar está siendo desplazado por esa especie introducida de afinidad tropical.

La escasa cobertura vegetal del suelo y el estrés hídrico incrementan la vulnerabilidad de los árboles a los efectos de plagas y a los eventos climáticos extremos.

En bosques perturbados el estrato de juveniles y arbustivas está generalmente dominado por manzanita (*Arctostaphylos pungens*) o por *Quercus depressipes*. El inventario de plántulas indica baja regeneración de especies arbóreas.

La ampliación de las comunidades de chaparral implica un cambio drástico en la dinámica de la vegetación, ya que los matorrales de *Arctostaphylos*, una vez establecidos, no permiten el restablecimiento del bosque a corto plazo. *Arctostaphylos pungens* y *Quercus depressipes* son favorecidos por los incendios.

Las predicciones más recientes indican que en Durango la T media anual se incrementará entre 1° y 2° C hacia el año 2050. De acuerdo con la distribución actual de la vegetación y sus requerimientos ecológicos, se prevé que ese incremento se verá reflejado principalmente en una presión sobre los ecosistemas de clima templado y frío, elevando las zonas de vegetación entre 100 y 200 m.

La principal tendencia sucesional en los bosques de clima templado en Durango es su retracción hacia mayores elevaciones, y su substitución por matorrales secundarios.

A pesar de que las especies de *Pinus* y *Juniperus* son heliófilas y por lo tanto se ven favorecidas por los aclareos, y de que algunas especies de *Quercus* son tolerantes al disturbio, aún en las comunidades muy abiertas la regeneración de las especies arbóreas es baja y el bosque está siendo reemplazado por matorrales.

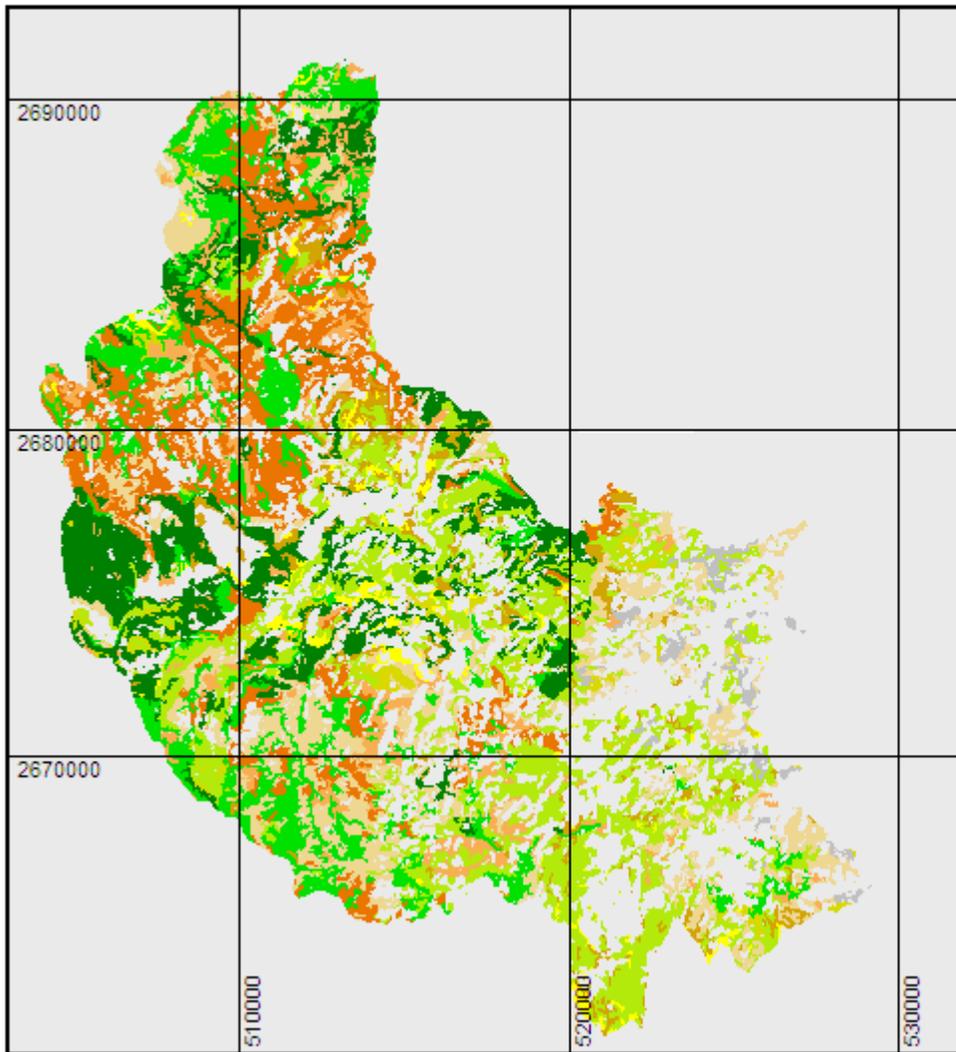
Esta tendencia implica un cambio drástico en la dinámica de la vegetación, ya que los matorrales de *Arctostaphylos*, una vez establecidos, no permiten el restablecimiento del bosque a corto plazo. *Arctostaphylos pungens* y *Quercus depressipes* son favorecidos por los incendios. La aplicación de quemas controladas (fuegos prescritos, de baja intensidad) debe convertirse en una herramienta imprescindible para el manejo y conservación de los bosques, evitando el efecto devastador de incendios de alta intensidad.

IMPACTO:

El análisis de las modificaciones y los posibles factores que las han determinado aporta un mejor conocimiento de los ecosistemas de Durango. Esta información representa una herramienta para la mejor planeación del uso y manejo de los ecosistemas y para la aplicación de las medidas de conservación, aprovechamiento, mitigación y restauración más adecuadas.

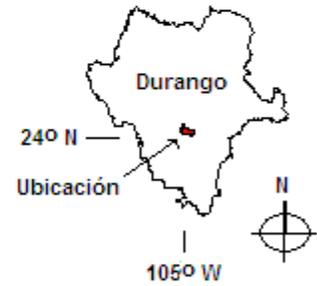
Es necesario establecer un balance entre la necesidad de desarrollo económico y la de conservar lo que aún persiste de ecosistemas nativos. Es también urgente prever las consecuencias negativas de la disminución de las áreas boscosas de la Sierra Madre Occidental y tomar acciones que permitan afrontar la reducción en la captación de agua, así como el incremento en la erosión y el azolve de depósitos de agua.

Carta de uso de suelo y vegetación 1970 (INEGI)



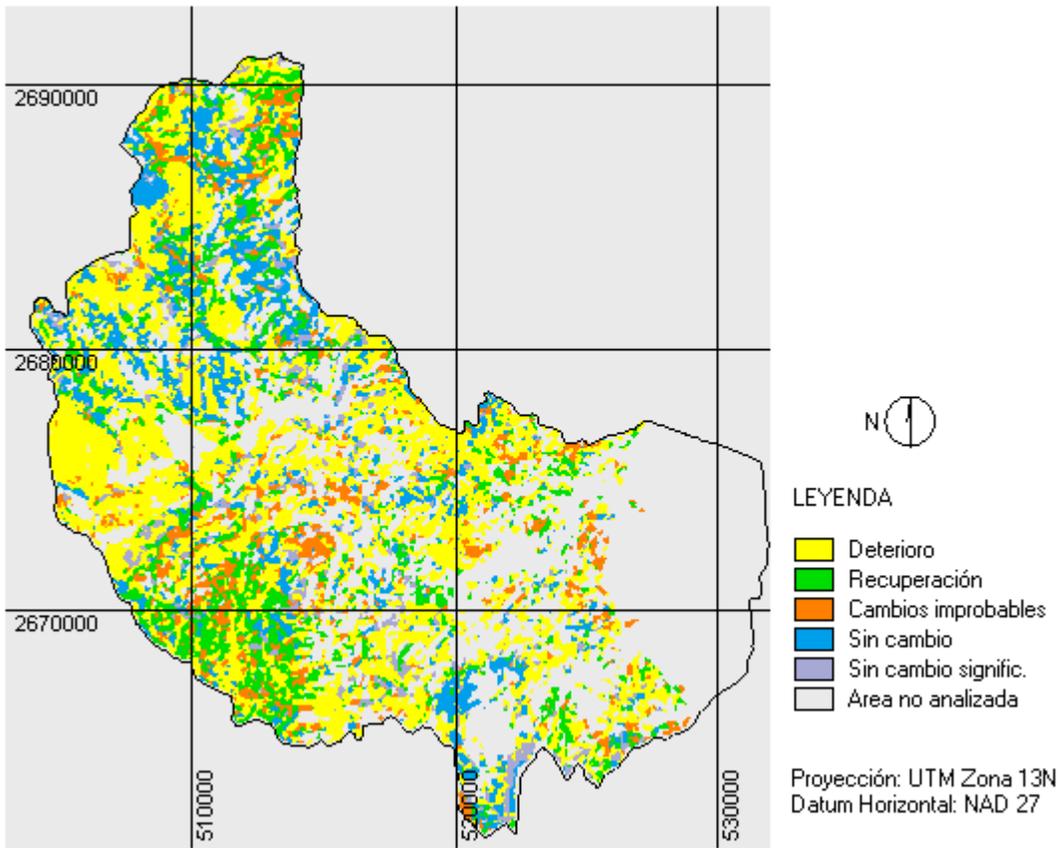
Leyenda

- Bosque
- Bosque - Chaparral
- Bosque - Pasos
- Chaparral
- Chaparral- arboles
- Chaparral- Pastizal
- Chaparral- erosión
- Pastizal
- Pastizal- arboles
- Pastizal- Chaparral
- No interes

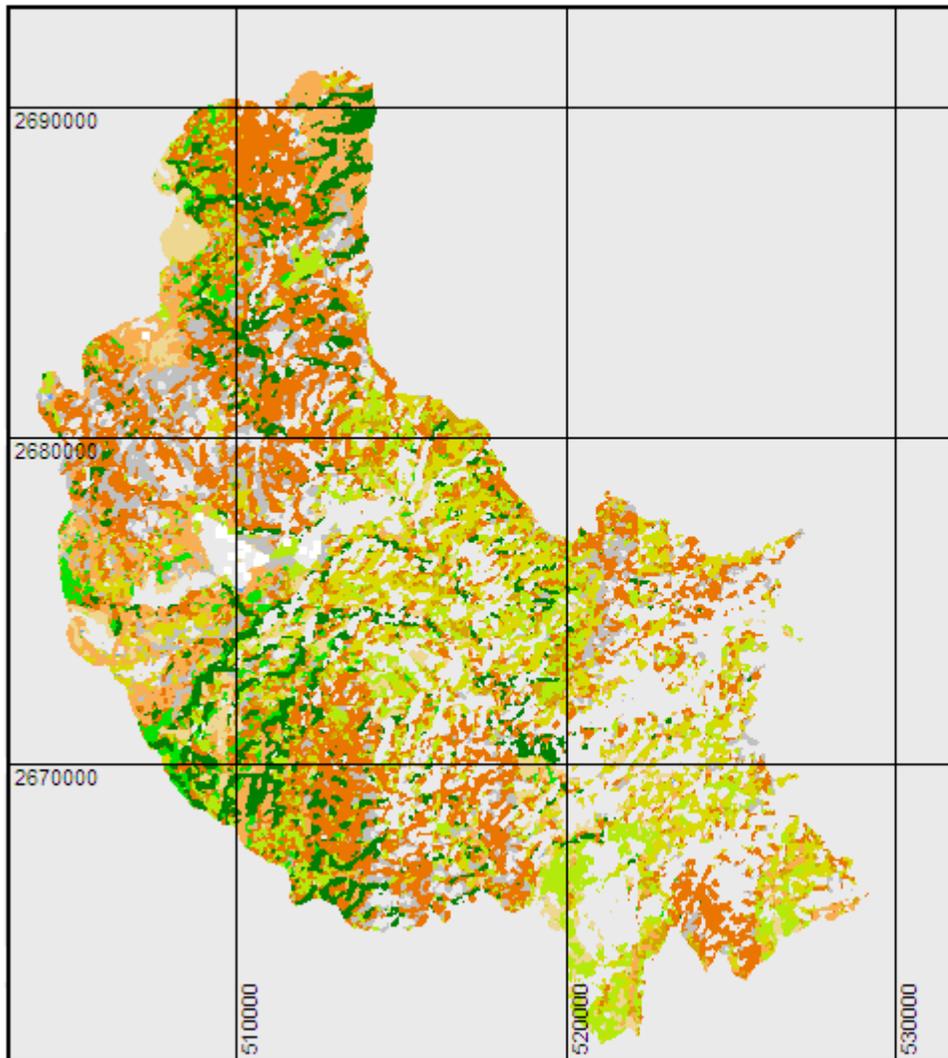


Proyección: UTM
Datum horizontal: NAD 27
Escala original: 1:50,000
Leyenda : Simplificada de la original

Mapa de cambios en la vegetación en el periodo 1970 al 2000

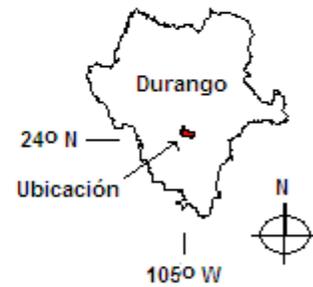


Vegetación de la microcuenca del Carpintero en el año 2000



Legenda

- Bosque
- Bosque - Chaparral
- Bosque - Pastizal
- Chaparral
- Chaparral- arboles
- Chaparral- Pastizal
- Chaparral- erosión
- Pastizal
- Pastizal- arboles
- Pastizal- Chaparral
- No interes



Proyección: UTM

Datum horizontal: NAD 27

Fuente: Interpretación supervisada de la Imagen Landsat 21/32 del 3 de marzo del 2000



A



B

A. IMAGEN COMPUESTA DE LA MICROCUENCA LA SAUCEDA DEL AÑO 1982.

ORIGEN: IMAGEN LANDSAT II
PROYECCION UTM
DATUM HORIZONTAL NAD 27
Esc original: 1:50000

B. IMAGEN COMPUESTA DE LA MICROCUENCA DE LA SAUCEDA DEL AÑO 2000.

ORIGEN: IMAGEN LANDSAT TM7
PROYECCION UTM
DATUM HORIZONTAL NAD 27
Esc original: 1:50000