



Chihuahua
Gobierno del Estado

Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Chihuahua

ESCALA 1:50,000

Desarrollado por:



Colaboración de:



INFORME EJECUTIVO

El estado de Chihuahua es el más extenso de la República Mexicana, representa el 12.6% del territorio del país (INEGI, 2001) y posee una amplia gama de recursos naturales de los que se desprenden diversas actividades económicas (INEGI, 2003), por lo anterior resulta indispensable la disponibilidad de información eficiente de los recursos naturales que permita el manejo adecuado de los mismos.

La ley forestal de nuestro país, señala que la evaluación de los recursos naturales debe integrar “información estadística y cartográfica”, que permita conocer la dinámica del cambio de vegetación forestal, para poder evaluar las tasas de deforestación y sus principales causas (CONAFOR, 2010).

Actualmente la cartografía de uso de suelo y vegetación disponibles para el Estado de Chihuahua provienen del Inventario Nacional Forestal realizado en el año 2004-2010 y de las series II, III y IV generados por el INEGI, ambos trabajos están generados a una escala nacional (1:250,000 y 1:1000,000), por lo cual se ven limitados para el desarrollo de actividades orientadas a la planeación, administración y uso de los recursos naturales regionales.

Por lo tanto, resulta de gran trascendencia la generación de material cartográfico de uso de suelo y vegetación con mayor detalle, que sirva como insumo para el desarrollo de diversos estudios, ya sea de investigación, académico, y para sectores productivos.

La Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua encomienda a la compañía Stock Informático S.A. de C.V. la responsabilidad para la elaboración de la cartografía a escala 1:100,000 de la superficie total del Estado de Chihuahua y a escala 1:50,000 de terrenos con presencia de vegetación forestal para las zonas de bosque templado, así como los terrenos de zonas áridas con distribución potencial de especies de interés comercial (lechuguilla, candelilla, sotol, orégano y mezquite) del Estado, con el fin de proveer un insumo de alta calidad a los diversos sectores productivos de la entidad, que incluyan la determinación de la distribución potencial de especies de interés comercial.

El desarrollo del proyecto inició en marzo de 2012 y concluyó en Enero de 2013. Para su realización se contó con la colaboración de especialistas en el área de geomática, especialistas en manejo de recursos naturales y en ciencias forestales, especialistas en tecnologías de información e ingenieros en ecología. La metodología constó de 4 etapas: procesamiento de las imágenes, verificación en campo, clasificación de las imágenes y creación de entregables.

La cartografía está basada en las Series II y IV de uso de suelo del INEGI y en la información de vegetación contenida en la SIGE, Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua (INEGI, 2003); para su desarrollo se utilizaron las imágenes de satélite del sensor SPOT con una resolución espacial de 5m por pixel. Se desarrollaron algoritmos de identificación y extracción para diferenciar entre las características presentes en la cobertura del suelo. Posteriormente se procedió a realizar la vectorización de la clasificación obtenida a partir de las imágenes clasificadas en formato raster. Se realizó una validación en campo del uso de suelo y cubierta vegetal, que incluyó la obtención de firmas espectrales con el uso de un espectro-radiómetro de las especies dominantes. La cartografía a escala 1:100,000 incluye 80 cartas y la cartografía escala 1:50,000 incluye 325 cartas, además de los archivos vectoriales para cada escala.

CONTENIDO

INFORME EJECUTIVO.....	i
CONTENIDO.....	iii
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE IMAGENES	x
1) ANTECEDENTES.....	1
2) MATERIALES Y METODOS	3
3.1 Descripción del área de estudio	3
3.1.1 Fisiografía.....	3
3.1.2 Clima	8
3.1.3 Geología.....	10
3.1.4 Hidrología	11
3.1.5 Suelos.....	12
3.2 Descripción de las principales clases temáticas	13
3.2.1 Matorral	13
3.2.1.1 Matorral desértico micrófilo.....	14
3.2.1.2 Matorral desértico rosetófilo	15
3.2.1.3 Matorral submontano.....	16
3.2.1.4 Matorral subtropical	17
3.2.2 Bosque	18
3.2.2.1 Bosque bajo abierto.....	18
3.2.2.2 Bosque de encino.....	19
3.2.2.3 Bosque de pino.....	20
3.2.2.4 Bosque de pino-encino, encino-pino	21
3.2.2.5 Bosque de táscate	22
3.2.3 Pastizal	23
3.2.3.1 Pastizal Natural	23
3.2.3.2 Pastizal halófito	24



3.2.3.3	Pastizal inducido.....	25
3.2.4	Selva.....	25
3.2.4.1	Selva baja caducifolia	26
3.2.5	Otros tipos de vegetación	27
3.2.5.1	Chaparral.....	27
3.2.5.2	Mezquital	28
3.2.5.3	Vegetación halófitas	29
3.2.5.4	Vegetación de desiertos arenosos	30
3.2.5.5	Áreas sin vegetación aparente	31
3.2.5.6	Bosque de oyamel.....	32
3.2.5.7	Bosque de ayarín	32
3.2.5.8	Bosque de galería	32
3.3	Insumos utilizados para la creación de la cartografía	33
3.3.1	Escenas Spot.	33
3.3.2	Red de Puntos Geodésicos	34
3.3.3	Cartografía Rural del Registro Agrario Nacional (RAN).....	35
3.3.4	Continuo de elevaciones Mexicano (CEM).....	36
3.3.5	Carta de uso actual de suelo y vegetación Series II y IV.....	36
3.3.6	Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua.....	36
3.4	ETAPA 1. Procesamiento de las imágenes	37
3.4.1	Corrección geográfica.....	37
3.4.2	Corrección atmosférica.....	38
3.4.3	Fusión de color o pan sharp	39
3.4.4	Correcciones radiométricas	40
3.4.5	Conformación de mosaicos de imágenes.....	41
3.5	ETAPA 2. Validación en campo	41
3.5.1	Determinación del tamaño de muestra.....	41
3.5.2	Establecimiento de los transectos de muestreo	44
3.5.3	Unidades de muestreo.....	46
3.5.4	Recolección de firmas espectrales utilizando radioespectrómetro	50



- 3.6 ETAPA 3. Clasificación de las imágenes 53
- 3.7 ETAPA 3. Creación de la cartografía 57
- 3.8 Fiabilidad de las clasificaciones 58
- 3) RESULTADOS 60
 - 4.1 Cartografía 60
 - 4.1.1. Uso de suelo y vegetación..... 60
 - 4.1.2. Distribución potencial de especies de interés comercial..... 61
 - 4.2 Archivos Shape 62
 - 4.3 Mosaico..... 63
 - 4.4 Fiabilidad de las clasificaciones 64
 - 4.4.1. Proceso de verificación de precisión de la clasificación a través del método de Matriz de Errores y el Índice Kappa..... 64
 - 4.5 Comparación de cartografía..... 67
 - 4.6 Superficie 68
 - 4.6.1. Cobertura total estatal de cada clase de uso de suelo y vegetación 68
 - 4.6.2. Cobertura por UMAFOR de cada clase de de uso de suelo y vegetación. 70
 - 4.6.2.1. UMAFOR BABÍCORO CASAS GRANDES..... 70
 - 4.6.2.2. UMAFOR EL LARGO-MADERA 71
 - 4.6.2.3. UMAFOR OCCIDENTE DE CHIHUAHUA 72
 - 4.6.2.4. UMAFOR BAJA TARAHUMARA 73
 - 4.6.2.5. UMAFOR SAN JUANITO 74
 - 4.6.2.6. UMAFOR MORELOS 75
 - 4.6.2.7. UMAFOR GUACHOCHI 77
 - 4.6.2.8. UMAFOR GUADALUPE Y CALVO 78
 - 4.6.2.9. UMAFOR BALLEZA 79
 - 4.6.2.10. UMAFOR CUENCA RIO SANTA MARÍA..... 80
 - 4.6.2.11. UMAFOR CENTRO-NORTE 81
 - 4.6.2.12. UMAFOR SEMIDESIERTO NORTE..... 83
 - 4.6.2.13. UMAFOR ZONA NORTE-CENTRO..... 84
 - 4.6.2.14. UMAFOR SEMIDESIERTO SUR 86

4.6.3. Cobertura total estatal de distribución potencial de las especies de interés comercial	88
4.6.4. Cobertura por UMAFOR de distribución potencial de las especies vegetales de interés comercial	89
4.6.4.1. UMAFOR BABÍCORO CASAS GRANDES.....	89
4.6.4.2. UMAFOR CUENCA RIO SANTA MARÍA.....	89
4.6.4.3. UMAFOR SEMIDESIERTO NORTE	90
4.6.4.4. UMAFOR CENTRO-NORTE	90
4.6.4.5. UMAFOR ZONA NORTE-CENTRO.....	91
4.6.4.6. UMAFOR SEMIDESIERTO SUR	91
4) PERSONAL INVOLUCRADO	92
TRABAJOS CITADOS	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Provincias fisiográficas presentes en el Estado de Chihuahua	3
Figura 2. Distribución de los grandes climas presentes en el Estado de Chihuahua	9
Figura 3. Red geodésica del Estado de Chihuahua	34
Figura 4. Mapa de predios de los ejidos trabajados en el PROCEDE	35
Figura 5. Transectos establecidos para el muestreo	44
Figura 6. Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en selvas (CONAFOR, 2009) ..	46
Figura 7. Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en bosques, comunidades áridas, comunidades semiáridas y palmares (CONAFOR, 2009)	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases de vegetación y tamaño de muestra establecida	43
Tabla 2. Longitud de los transectos y municipios que abarcan	45
Tabla 3. Materiales utilizados por la cuadrilla en campo.	49
Tabla 4. Clases de uso de suelo y vegetación determinadas por la Secretaría de Desarrollo Rural	53
Tabla 5. Valores estadísticos de reflectividad derivados a partir de los sitios de entrenamiento	55
Tabla 6. Campos y atributos de los archivos <i>shape</i>	62
Tabla 7. Matriz de confusión derivada al confrontar las clases reales de terreno y las clases deducidas a partir de procesos de clasificación	65
Tabla 8. Cobertura total estatal que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en el estado de Chihuahua	69
Tabla 9. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Babícora Casas Grandes.....	71
Tabla 10. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR El Largo-Madera	72
Tabla 11. Cobertura total que representa cada clase de vegetación y uso de suelo dentro de la UMAFOR Occidente de Chihuahua	73
Tabla 12. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Baja Tarahumara	74
Tabla 13. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR San Juanito.....	75
Tabla 14. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Morelos	76
Tabla 15. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Guachochi.....	77
Tabla 16. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Guadalupe y Calvo	78
Tabla 17. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Balleza.....	79

Tabla 18. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Cuenca Rio Santa María.....	81
Tabla 19. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Centro-Norte	82
Tabla 20. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Semidesierto Norte	84
Tabla 21. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Zona Norte-Centro.....	85
Tabla 22. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Semidesierto Sur	87
Tabla 23. Distribución potencial de especies de interés comercial en el Estado de Chihuahua.....	88
Tabla 24. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Babicora Casas Grandes	89
Tabla 25. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Cuenca Rio Santa María.....	89
Tabla 26. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Semidesierto Norte.....	90
Tabla 27. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Centro-Norte	90
Tabla 28. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Zona Norte-Centro	91
Tabla 28. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Semidesierto Sur.....	91

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Panorama de matorral desértico micrófilo (Praxedis G. Guerrero, Chih.)	14
Imagen 2. Vegetación con hojas en forma de roseta, típica de matorral desértico micrófilo (Agave lechuguilla)	15
Imagen 3. Matorral submontano	16
Imagen 4. Zona de cañones con laderas de fuertes pendientes, clima característico para el desarrollo del matorral subtropical (Batopilas, Chih.)	17
Imagen 5. Vista panorámica de bosque bajo abierto (Municipio de Madera, Chihuahua)	18
Imagen 6. Especie del género Quercus, predominante del bosque de encino	19
Imagen 7. Bosque de pino (Guadalupe y Calvo, Chih.)	20
Imagen 8. Bosque de pino-encino, se observa la presencia de especies del género Pinus y Quercus.	21
Imagen 9. Bosque de táscate, se observa la dominancia de la especie del género Juniperus.....	22
Imagen 10. Pastizal natural.....	24
Imagen 11. Vista típica de Selva baja caducifolia en temporada de lluvias (Municipio de Batopilas, Chihuahua).....	26
Imagen 12. Arctostaphylos sp., especie típica de los chaparrales, también se encuentra asociada al fuego.	27
Imagen 13. Prosopis glandulosa, predominante en los mezquitales (Municipio de Jiménez, Chihuahua)	28
Imagen 14. Vegetación halófito, se observa la presencia de especies suculentas y presencia de la especie Prosopis glandulosa.	29
Imagen 15. Vegetación de desiertos arenosos (Municipio de Praxedis G. Guerrero, Chihuahua).....	30
Imagen 16. Area sin vegetación aparente.....	31
Imagen 17. Escena del satélite SPOT (Municipio de Guachochi)	33
Imagen 18. Imagen sin corrección atmosférica.....	38
Imagen 19. Se muestra la imagen 18 corregida atmosféricamente	38

Imagen 20. Imagen multiespectral con resolución espacial de 10 m por pixel.....	39
Imagen 21. Imagen pancromática con resolución espacial de 2.5 m por pixel	39
Imagen 22. Establecimiento de un sitio de muestreo	47
Imagen 23. Caracterización de un sitio de muestreo de 400m ²	48
Imagen 24. Cuadrilla de campo	49
Imagen 25. Inicialización del radio-espectrómetro.	50
Imagen 26. Calibración del espectro-radiómetro utilizando panel Spectralon®	51
Imagen 27. Obtención de la firma espectral con el uso del espectro-radiómetro.....	51
Imagen 28. Curvas de reflectancia de la especie Pinus arizonica	52
Imagen 29. Curvas de reflectancia de la especie Larrea tridentata	52
Imagen 30. Carta Naica G13A18 uso de suelo y vegetación escala 1:50,000.....	60
Imagen 31. Carta Las Arenosas G13B11 distribución potencial de especies de interés comercial escala 1:50,000.....	61
Imagen 32. Mosaico correspondiente al macizo forestal del Estado de Chihuahua	63
Imagen 33. Comparación de cartografía (Municipio de Guachochi, Chihuahua)	67

1) ANTECEDENTES

El estado de Chihuahua es el más grande del país y presenta una gran diversidad de vegetación que incluye bosques, selva, pastizales, matorral y otros, siendo matorral el que abarca mayores extensiones del estado ya que representa el 32% de la superficie estatal (INEGI, 2003). Los estudios a escala nacional que describen la vegetación del estado se han referido generalmente a 4 grandes grupos de vegetación, esto lo podemos observar en el trabajo de Shreve (1939), quien clasifica la vegetación del estado en desierto, bosque de encino y pastizales, bosque de pino y la vegetación de barranca; Leopold (1950), lo clasifica como pradera y mezquite, desierto, bosque de pino y roble, y bosque tropical caducifolio, y Rzedowski (1978) incluye matorral xerófilo, pastizal, bosque de coníferas y encinos y bosque tropical caducifolio.

Trabajos más pequeños, pero no menos importantes, aportan información a escala regional, entre estos encontramos a Seeman (1852-1857), quien habló acerca de las características de la Sierra Madre Occidental incluyendo partes del altiplano del estado de Chihuahua, Martínez (1960), abordó temas acerca de pastizales del campo experimental La Campana, Lebgue (1986, 1991 y 2002), presentó estudios sobre las gramíneas del estado y en 2005 junto con algunos colaboradores, presentó un estudio acerca de la vegetación del Cañón del Cobre; Sosa *et al.* (2006), hablan sobre la vegetación de las zonas áridas del estado, Lebgue y Quintana (2010), presentan el libro que describen las características de los ecosistemas donde habitan las cactáceas de Chihuahua, así mismo, Estrada-Castillón (2010), presenta un artículo acerca de la vegetación en el centro del estado.

Las cartas de uso de suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal concluido en el año 2010, y las series II, III y IV generados por el INEGI, presentan la información más amplia y eficiente acerca de la vegetación del estado, ya que incluyen datos espaciales en formato digital, lo que los hace una herramienta manipulable y adecuada para estudios de cualquier índole en el estado. Cabe mencionar que dicha información se engloba y amplía en la Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua (INEGI, 2003).

A pesar de lo anterior, la cartografía generada por el INEGI se presenta a escala nacional (1:250,000 y 1:1,000,000), por lo que no es lo suficientemente adecuada para la realización de planeaciones a nivel regional, lo que genera la necesidad de la creación de cartografía más detallada o a una menor escala.

OBJETIVOS

GENERALES

- Elaborar la cartografía de la cubierta vegetal que sirva de base para el desarrollo del Inventario Forestal Estatal y de Suelos del Estado de Chihuahua.

ESPECÍFICOS

- Construir la cartografía escala 1:100,000 de la superficie total del Estado de Chihuahua.
- Construir la cartografía escala 1:50,000 de terrenos con presencia de vegetación forestal para las zonas de bosque templado, así como los terrenos de zonas áridas con distribución potencial de especies de interés comercial (lechuguilla, candelilla, sotol, orégano, y mezquite) del Estado.

2) MATERIALES Y METODOS

El desarrollo de la cartografía del Estado de Chihuahua constó de 4 etapas: procesamiento de las imágenes, verificación en campo, clasificación de las imágenes y creación de entregables.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Chihuahua se localiza al norte de la República Mexicana entre los 31° 54' - 25° 29' latitud N y 103° 16' - 109° 17' longitud O. Al norte colinda con los Estados Unidos de América, al oeste con los estados de Sonora y Sinaloa, al sur con Durango y al este con Coahuila de Zaragoza. Chihuahua cuenta con una superficie de 247,456 km² (INEGI, 2010) e incluye altitudes promedio que van desde los 1000 a los 3000m de elevación. La altitud mínima en el estado se ubica en sus límites territoriales en la presa de Huites. La altitud máxima es de 3300m en el cerro de Mohinora al suroeste del estado (INEGI, 2003).

3.1.1 FISIOGRAFÍA.

El estado de Chihuahua comparte su territorio con dos de las quince provincias fisiográficas que dividen al país; estas son Sierras y Llanuras del Norte y Sierra Madre Occidental (Figura 1).

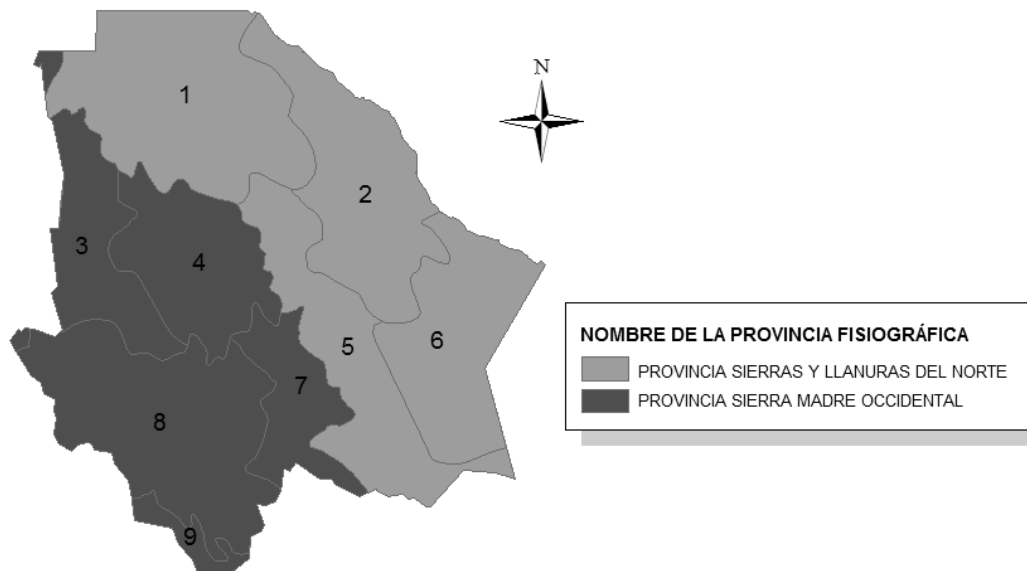


Figura 1. Provincias fisiográficas presentes en el Estado de Chihuahua

PROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE

Abarca el 56.5% de la superficie estatal y se extiende desde el suroeste de los Estados Unidos de América hasta cerca de Nazas de Durango abarcando la región árida del estado. Se compone de sierras abruptas que se elevan hasta los 3000m respecto al nivel del mar y de Llanuras con 800m a 1000m de elevación. Los climas dominantes son muy secos semicálidos y templados, sin embargo, junto a la Sierra Madre Occidental se encuentra una franja de climas semisecos templados (INEGI, 2003). Esta provincia se divide en cinco de las cuales cuatro e encuentran en el territorio estatal.

(1) SUBPROVINCIA LLANURAS Y MÉDANOS DEL NORTE.

Ubicación. Al noroeste del estado en colindancia con el país del norte donde se extiende hasta el estado de Sonora y abarca el 17.42%. Incluye los municipios de Ascensión y Nuevo Casas Grandes y parte de los municipios de Ahumada, Buenaventura, Casas Grandes, Janos, Galeana y Juárez. Aquí se extinguen los ríos Casas Grandes y Santa María los cuales penetran por el sur de la subprovincia.

Relieve. Llanuras, amplias bajadas, sierras escarpadas pequeñas y campos de dunas

Altitud. Media de 1000 msnm.

Suelo. Aluviones, rocas calizas y volcánicas ácidas conforman las sierras y lomeríos; rocas basálticas en el centro de la subprovincia y los Médanos de Samalayuca se ubican en el municipio de Juárez, los cuales se extienden hasta los Estados Unidos de América (INEGI, 2003).

(2) SUBPROVINCIA SIERRAS PLEGADAS DEL NORTE.

Ubicación. Comprende el 13.58% de la superficie estatal y está ubicada al noroeste del estado en terrenos del municipio de Praxedis G. Guerrero y parte de Ahumada, Aldama, Coyame, Guadalupe, Juárez y Julimes, entre otros.

Relieve. Bajada asociada a lomeríos e interrumpida por pequeñas sierras alargadas y de una zona de llanuras ubicada cerca de la cabecera municipal de Juárez.

Altitud. Generalmente de 1000 msnm

Suelo. Llanuras desérticas con fase de piso rocoso, y en Samalayuca con fase salina. Llanuras aluviales generalmente con fase salina y en ocasiones son inundables y salinas (INEGI, 2003).

(5) SUBPROVINCIA DEL BOLSÓN DE MAPIMÍ.

Ubicación. Abarca el 12.38% en la superficie estatal, y se ubica al sureste de las subprovincias Sierras Plegadas del Norte y Llanuras y Sierras Volcánicas. Se extiende sobre el territorio de los municipios de Aquiles Serdán, Delicias, López, Meoquí y San Francisco de Conchos; y parte de los municipios de Ahumada, Aldama, Allende, Buenaventura, Camargo, Coronado, La Cruz, Chihuahua, Hidalgo del Parral, Jiménez, Julimes, Matamoros, Rosales, Satevó, Saucillo y Valle de Zaragoza

Relieve. Compuesta por llanuras aluviales y bajadas principalmente, aunque muestra sierras escarpadas y plegadas y lomeríos escarpados y ramificados.

Altitud. Media de 1200 msnm

Suelo. Rocas basálticas ácidas y calizas sobre los lomeríos, y al noreste de la ciudad de Hidalgo del Parral se hayan rocas basálticas que tienen morfología de mesetas (INEGI, 2003).

(6) SUBPROVINCIA LLANURAS Y SIERRAS VOLCÁNICAS.

Ubicación. Al oriente de la entidad, comprende el municipio de Manuel Benavides en su totalidad y ciertas porciones de los municipios de Camargo, La Cruz, Jiménez, Julimes, Ojinaga y Saucillo. Esta subprovincia comprende el 13.18% de la superficie estatal.

Relieve. Llanuras o bajadas y superficies aplanadas interrumpidas en ocasiones por sierras, lomeríos o mesetas.

Suelo. Las sierras están compuestas generalmente de rocas volcánicas, sin embargo, existen sierras pequeñas de rocas calizas, las llanuras son aluviales o inundables en ocasiones con fase salina (INEGI, 2003).

PROVINCIA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Es el sistema montañoso más largo de México y presenta altitudes promedio que varían de los 2000 y 2500 msnm (Rzedowski, 2006), aunque en Chihuahua alcanza alturas hasta de 3300m de elevación con respecto al nivel del mar (INEGI, 2003). Inicia en la frontera con EUA, donde incluye una pequeña porción, extendiéndose hacia el sureste en colindancia con la provincia Eje Neovolcánico. Esta región incluye climas secos y semisecos a templados y semifríos en las zonas más altas; abarca 43.44% del estado e incluye 5 subprovincias (INEGI, 2003), las cuales se describen a continuación.

(3) SUBPROVINCIA SIERRAS Y CAÑADAS DEL NORTE:

Ubicación. Al extremo noreste de la provincia Sierra Madre Occidental. Ocupa el 7.33% de la superficie estatal. La drenan las corrientes Sirupa, Tutuaca y Río Chico, afluentes del Río Aros; Chuhuichupa, tributario del río Bavispe; y San Pedro y Piedras Verdes.

Relieve. Sierra de laderas escarpadas, clasificada fisiográficamente como sierra alta con cañadas.

Altitud. En occidente, ostenta elevaciones de 1000 msnm y en el oriente más de 2000 msnm, siendo 2700 msnm la altura máxima.

Suelo. Rocas volcánicas ácidas con grandes franjas basálticas donde sobre las sierras San Luis, Hachita Hueca, La Breña, entre otras (INEGI, 2003).

(4) SUBPROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS TARAHUMARAS.

Ubicación. Ubicada en su totalidad dentro el territorio del estado, se localiza en el centro oeste y abarca el 10.51% del territorio estatal en territorio perteneciente a los municipios de Bachíniva, Namiquipa y Riva Palacio; a gran parte del de Cuauhtémoc y a porciones de los de Buenaventura, Carichí, Cusihuriachi, Chihuahua, Galeana, Santa Isabel, Gómez Farías, Gran Morelos, Guerrero, Ignacio Zaragoza, Madera, Matachí, San Francisco de Borja y Temósachi. Aquí nacen los Ríos Papigóchic y Santa María y algunos tributarios del Río Conchos.

Relieve. Incluye tres grupos de sierras orientadas norte-sur que ocupan la Sierra Tarahumara, la Sierra La Montosa-Las Tunas-El Rosal, y la Sierra El Nido.

Altitud. De 2700 a 2400 msnm

Suelo. Predominan las rocas volcánicas ácidas, pero hacia el oeste dominan las basálticas. Los valles están constituidos por aluviones antiguos conglomeráticos (INEGI, 2003).

(7) SUBPROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS DE DURANGO.

Ubicación. Al costado oriental de la Sierra Madre Occidental con orientación norte-sur. Abarca el 5.41% de la superficie del estado. Abarca los municipios de Huejotitán, San Francisco del Oro y Santa Bárbara y parte de los municipios de Allende, Balleza, Coronado, Cuauhtémoc, Cusiuriachi, Chihuahua, Doctor Belisario Domínguez, Santa Isabel, Gran Morelos, Hidalgo del Parral, Matamoros, Rosales, Rosario, Satevó, Saucillo, El Tule y Valle de Zaragoza.

Relieve. Cadenas de pequeñas sierras, mesetas y lomeríos en sentido norte-sur.

Altitud. Llanuras de 1500 msnm y cimas que superan los 2000 msnm

Suelo. Rocas calizas, lutitas y pizarras aunque predominan las rocas ígneas ácidas y en ocasiones afloramientos de aluviones conglomeráticos del terciario (INEGI, 2003).

(8) SUBPROVINCIA GRAN MESETA Y CAÑONES CHIHUAHUENSES.

Ubicación. Abarca el 18.06% de la superficie estatal y se ubica al suroccidente del estado. Abarca los municipios de Batopilas, Bocoyna, Chínipas, Guachochi, Guazapares, Maguarichi, Nonoava, Urique y Uruachi, gran parte de los municipios de Carichí, Ocampo y San Francisco de Borja y pequeñas porciones de los municipios de Balleza, Cusihuirachi, Guadalupe y Calvo, Guerrero, Doctor Belisario Domínguez, Morelos, Moris, Rosario, Satevó, Temósachi y El Tule.

Relieve. Gran meseta interrumpida por profundos cañones. Incluye la Barranca del Cobre la cual se extiende 55 km de largo y presenta cumbres bastante pronunciadas, por las que cruza el Río Urique, el cual nace en el centro-este de la provincia. También fluye por aquí el Río Fuerte.

Altitud. Media de 2200 msnm, aunque las zonas más elevadas, ubicadas en la mitad oriental de la subprovincia exhiben altitudes que varían de los 2700 a los 3000 msnm, cabe mencionar, que el cerro Las iglesias ostenta una elevación de 3100 m.

Suelo. Dominan las rocas ignimbritas con algunos afloramientos basálticos (INEGI, 2003).

(9) SUBPROVINCIA GRAN MESETA Y CAÑONES DURANGUENSES.

Ubicación. Al sur del municipio de Guadalupe y Calvo y Morelos, abarca el 2.13% de la entidad. Cabe mencionar que esta subprovincia es la que abarca menos territorio estatal.

Relieve. Meseta que presenta una gran disección donde fluyen ríos encañonados. Aquí se ubica el cerro Mohinora, el cual ostenta una altitud de 3300 msnm, la más alta del estado.

Altitud. Entre los 2200 a los 2400 msnm, sin embargo presenta altitudes mayores a los 3000 m, siendo 3300 la altitud máxima

Suelo. Dominan las rocas basálticas e intermedias (INEGI, 2003).

3.1.2 CLIMA

En Chihuahua predominan los climas secos ya que abarcan el 40% de la superficie estatal (INEGI, 2003). Estos se distribuyen en la zona noreste del estado principalmente, y en algunas porciones del sureste. Entre estos climas están los áridos templados (BSok, BSokw y BSok(x)) que presentan lluvias de verano del 5 al 10.2% anual, a excepción de los del grupo BSok(x)´ que presentan también lluvias en invierno y aquí la precipitación es mayor al 18% anual. También se presentan climas muy áridos semicálidos con lluvias de verano del 5% al 10.2% anual (BWhw, BWkw) y mayores 18% anual (BWh(x´)). Entre los semiáridos templados (BS1k) se encuentran los BS1hw, BS1kw que presentan lluvias de verano del 5 al 2% anual y los BS1h(x´), BS1k(x´) con lluvias de verano mayores al 18% anual.

Los climas cálidos presentes en el estado se localizan al sureste en la zona colindante con los estados de Sonora y Sinaloa. Se encuentran los del tipo Awo, estos son climas cálidos subhúmedos y (A)C(w1), (A)C(wo) y (A)C(wo)x´ los cuales pertenecen a los climas semicálidos, templados subhúmedos. Todos estos climas presentan lluvias de verano del 5 al 10.2% anual, a excepción del clima (A)C(wo)x´ el cuál presenta lluvias de verano mayores al 10.2% anual (García, 1973), y este lo encontramos en una porción de los municipios de Urique, Batopilas, Guachochi y Guadalupe y Calvo.

Los climas templados en el estado se distribuyen al sureste coincidiendo en territorio con la Sierra Madre Occidental; éstos abarcan el 12.87% de la superficie del estado (INEGI, 2003) y se presentan climas templados subhúmedos con lluvias de verano del 5 al 10.2% anual (C(w1), C(w2), (C(y mayores al 10.2% anual (C(w1)x', C(w2)x', C(wo)x'). También se presentan climas templados semifríos con verano fresco largo subhúmedo, los cuales presentan también lluvias de verano del 5 al 10% anual (Cb'(w1)x'), y en ocasiones lluvias de verano mayores al 10.2% anual Cb'(w2)x' (García, 1973).

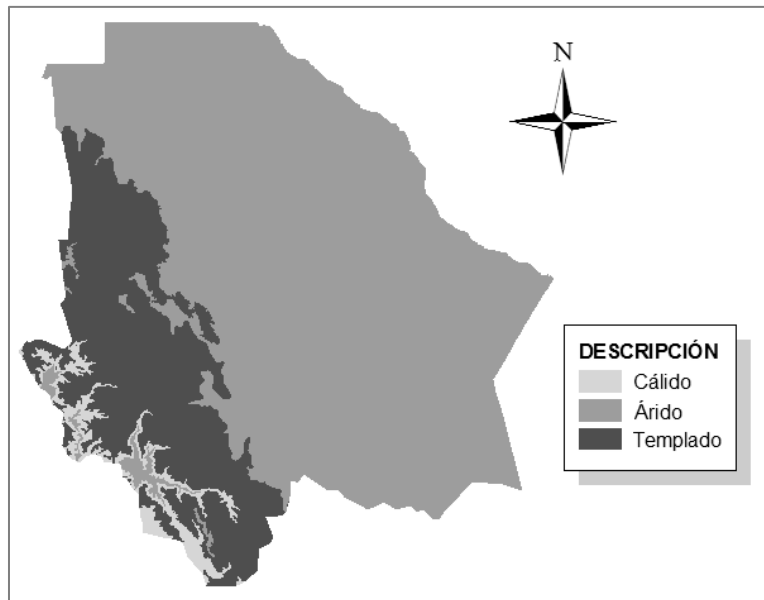


Figura 2. Distribución de los grandes climas presentes en el Estado de Chihuahua

3.1.3 GEOLOGÍA

En el estado de Chihuahua se encuentran dos provincias geológicas que coinciden en territorio con las dos provincias fisiográficas. Estas son Cuencas y Sierras y Sierra Madre Occidental las cuales presentan una marcada diferencia en su estratigrafía y estilo estructural. La columna estratigráfica está formada por rocas del Mesozoico, Paleozoico y Precámbrico, cubiertas en discordancia por rocas volcánicas del Terciario. En la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, se presentan principalmente rocas ígneas extrusivas ácidas, seguidas por las ígneas extrusivas básicas y las sedimentarias del tipo conglomerado, todas ellas del Terciario; además del Cuaternario, se presentan sobre todo depósitos recientes y materiales ígneos extrusivos básicos. En la provincia fisiográfica Sierras y Llanuras del Norte (Cuencas y Sierras), dominan los depósitos recientes del Cuaternario, seguidos por las rocas sedimentarias tanto del Cretácico como del Terciario y las ígneas extrusivas básicas del Cuaternario. En esta provincia, también se encuentran afloramientos de rocas metamórficas del Precámbrico y sedimentarias del Paleozoico (INEGI, 2003).

Rzedowski (2006), ubica tres principales tipos de roca en el estado de Chihuahua, estos son Aluviones del Pleistoceno y del Plioceno, las cuales se distribuyen en la zona central del estado, Rocas volcánicas del Cenozoico y Pleistoceno (principalmente andesitas, basaltos, riolitas y sus tobas) las cuales coinciden con la Sierra Madre Occidental, y en una pequeña porción en la zona colindante entre los municipios de Manuel Benavides, Camargo y Ojinaga. También incluye Rocas sedimentarias marinas del Cenozoico y del Mesozoico (principalmente calizas, lutitas y margas) en la zona noreste del estado coincidiendo con los municipios de Ojinaga y Manuel Benavides.

3.1.4 HIDROLOGÍA

El estado de Chihuahua se alimenta de una precipitación media anual de 470 mm. El agua subterránea es la principal fuente de sustento para las actividades desarrolladas en el estado. La disponibilidad hidráulica se compone de 11,103.5 mm³ al año, los cuales provienen principalmente del escurrimiento virgen de la entidad (10,383.5 millones de mm³), sumado a los escurrimientos del estado de Durango (162 mm³), los escurrimientos de Estados Unidos de América (74 mm³) y los retornos utilizables de los distritos de riego (entre 422 y 62 mm³ de aguas negras). De la disponibilidad hidráulica total, se consume el 23.3% en la actividad agrícola (2,581 mm³), se exporta el 72.7% (8 075 mm³) a otras entidades y 4% (447.5 mm³) se descargan en las lagunas.

En el estado existen 12 cuerpos y corrientes de agua superficial de importancia relevante en cuanto a uso y volumen, siendo las dos más importantes los ríos Conchos y Bravo las cuales que poseen agua de aceptable calidad. Se presentan 5 regiones hidrológicas: RH-34, Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes); RH-24, Bravo-Conchos; RH-10, Sinaloa; RH-35, Mapimí y RH-9, Sonora Sur; siendo la más grande la Región Hidrológica 34 Cuencas Cerradas del Norte ya que abarca 36.12% de la superficie del estado. La Región Hidrológica 24, Bravo-Conchos (RH-24) es la más importante en el estado, ya que incluye el Río Conchos el cuál nace en la Sierra Madre Occidental y sus aguas son utilizadas para consumo humano y agrícola, posee 14 cuencas de las cuales siete se encuentran dentro del territorio estatal (INEGI, 2003).

3.1.5 SUELOS

En el estado de Chihuahua se presentan 16 unidades de suelo. Estas en orden de dominancia son: Regosol (25.46%) Xerosol (20.94), Litosol (20.67), Feozem (15.89%) Yermosol (4.59%), y entre los que abarcan menos del 3% del territorio estatal en orden de dominancia son el Cambisol, Luvisol, Renzina, Solonchak, Vertisol, Solonetz, Planosol, Fluvisol, Ranker, Castañozem, Chernozem (INEGI, 2003). Generalmente la infiltración de agua en el estado es buena, ya que dominan los suelos de textura media (80% del territorio estatal) y en menor porcentaje las texturas gruesa y fina (6.63% y 7.94% respectivamente).

En la provincia Sierras y Llanuras del Norte la evapotranspiración supera la precipitación, lo que genera el arrastre de las partículas más finas, dando lugar así a la formación de horizontes arcillosos, salinos, sódicos o cálcicos que gradualmente forman un horizonte cementado o caliche. Aquí la saturación de bases en casi todos los horizontes de los suelos es alta con pH's alcalinos. La vegetación no ha tenido mucha participación en la formación de los suelos ya que los matorrales desérticos de baja densidad y poco desarrollo aportan mínimas cantidades de materia orgánica que se degrada muy lentamente. Los suelos característicos de esta subprovincia son los del tipo Xerosol, los cuáles son de origen aluvial formados a partir de sedimentos del cuaternario, y de origen residual sobre rocas sedimentarias. También se presentan los suelos Rendzinas y Yermosol, este último considerado de buena calidad para la agricultura; y en las zonas más áridas de la provincia se encuentran los Solonchaks, caracterizados por su alto contenido de sales. También se presentan suelos del tipo Regosol, Vertisol, Fluvisol, Solonetz, Castañozem y otros aunque no son tan representativos superficialmente en esta provincia.

En la provincia Sierra Madre Occidental las condiciones del relieve serrano, en muchas áreas no ha permitido la acumulación de los productos del interperismo geológico, y aquí contrariamente a la Provincia Sierras y Llanuras del Norte, la vegetación (Bosques de pino o encino y pastizales), ha tenido una gran participación en la formación de los suelos ya que han aportado altas cantidades de materia orgánica que le han dado lugar a suelos ricos en nutrientes que favorecen la infiltración y migración de minerales y partículas que promueven el desarrollo del suelo. Los suelos representativos de esta provincia son los regosoles cuyo origen es a partir de rocas ígneas extrusivas ácidas y básicas y de rocas sedimentarias y calizas, aunque también se presentan los suelos Litosol, Luvisol, Feozem, este último considerado de alta fertilidad, entre otros suelos no muy representativos en cuanto a superficie abarcada en la provincia se encuentran los suelos Planosol, Rankers, Vertisol, etc (INEGI, 2003).

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES CLASES TEMÁTICAS

La vegetación del estado de Chihuahua está agrupada por 5 grandes clases, siendo Matorrales el más predominante (32%), seguido de Bosques (29.42%), Pastizales (23.9%), Selva (2.38%), Agricultura (7.38%) y otros (4.52%) (INEGI, 2001). En la llamada Síntesis de información geográfica, el INEGI (2003), describe 20 subclases de vegetación que se incluyen en los grupos anteriormente mencionados. A continuación se describen los tipos de vegetación presentes en el estado de Chihuahua considerados en la cartografía de las Series II y IV y la SIGE del INEGI.

3.2.1 MATORRAL

Vegetación arbustiva de zonas áridas, que presenta alturas no mayores a los 4 m. En Chihuahua se desarrollan 4 tipos de matorrales, los que en conjunto abarcan un 32% de la superficie total del estado (INEGI, 2003).

3.2.1.1 MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO

Vegetación con predominancia de arbustos de hojas pequeñas, inermes o espinosos (Imagen 1). Se desarrolla sobre llanuras, bajadas y pies de montes, sobre suelos de tipo Xerosol y Yermosol de origen aluvial y coluvial con bajo contenido en materia orgánica con texturas franco arcillosas y en ocasiones como gravas, es frecuente la acumulación de sales solubles y sodio. El clima imperante de este ecosistema son los suelos de tipo seco y seco semicálido, con precipitaciones escasas menores a 400 mm anuales, con largos periodos de insolación intensa. Especies comunes en estos ecosistemas en el estado son *Acacia sp.*, *Opuntia sp.*, *Prosopis sp.*, *Larrea sp.*, *Flourensia sp.*, *Erioneuron sp.*, en algunos casos *Lippia sp.*, *Koeberliniaspinosa*, las herbáceas más características son: *Hilaria mutica* (toboso), *Atriplex sp.*, y los pastos de mayor predominancia son: *Erioneuronpulchellum* (zacate borreguero) y *Bouteloua sp.*



Imagen 1. Panorama de matorral desértico micrófilo (Praxedis G. Guerrero, Chih.)



3.2.1.2 MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO

Vegetación con predominancia de especies con hojas en forma de roseta inerme o espinosa (Imagen 2), crece sobre laderas de origen sedimentario en zonas áridas y semiáridas (INEGI, 2005) hacia el norte y noreste del estado. Se desarrolla en sierras de origen sedimentario, constituidas por rocas calizas y suelos de pobre desarrollo frecuentemente Litosol, Rendzina o el Regosol. Los climas que se presentan son muy secos y secos templados, con escasas precipitaciones, pero con temperaturas más frescas que las que imperan en las llanuras circundantes. Cerca del municipio de Manuel Benavides se desarrolla en climas muy secos semicálidos y secos semicálido. En el estrato arbustivo y subarbustivo es común encontrar las especies *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Dasyllirion leiophyllum* (sotol), *Agave* sp., *A. scabra* (maguey), *Euphorbia* sp., *Jatropha* sp., *Parthenium* sp. y *Opuntia* sp.; en el estrato arbustivo más alto, destacan eminencias como: *Yucca* sp., *Fouquieria splendens* (ocotillo) y *Acacia* sp. Aunque las gramíneas no son muy abundantes se pueden presentar especies del género *Bouteloua* (INEGI, 2003).



Imagen 2. Vegetación con hojas en forma de roseta, típica de matorral desértico micrófilo (*Agave lechuguilla*)

3.2.1.3 MATORRAL SUBMONTANO

Vegetación arbustiva muy densa formada por especies inermes y espinosas (Imagen 3), se desarrolla en la parte árida del estado sobre las laderas de sierras de mayor altitud. Crece en forma de manchones sobre matorrales xerófilos, bosques de encino, chaparrales o selva baja caducifolia (INEGI, 2003) en altitudes que van de los 1,500 a los 1,700 msnm (INEGI, 2005). En el estrato entre los 2m de altura es común encontrar las especies *Juniperus sp.* (táscate), *Quercus sp.*, *Pinus cembroides*, *Juglan sp.*, *Diospyros texana* (chapota), *Rhusvirens* (lantrisco), *Heliettaparvifolia* (barreta) en ocasiones mezcladas con *Quercus sp.*, y *Fraxinus greggii* (barreta de cochino). En el estrato intermedio de 1.30m: *Mahonia sp.* (agrito), *Leucophyllum frutescens* (cenizo), *Prosopis glandulosa* (mezquite), *Acacia sp.*, *Dasyilirion sp.* (sotol); y en el estrato de 0.70 m *Parthenium incanum* (mariola), *Koeberliniaspinosa*, *Condalia lycioides*, *Leucophyllum frutescens* (cenizo) (INEGI, 2003).



Imagen 3. Matorral submontano

3.2.1.4 MATORRAL SUBTROPICAL

Vegetación compuesta por arbustos o árboles bajos con tallas menores a los 4 m de altura, se desarrolla al sureste del estado en las Barrancas del Cobre y Urique sobre laderas de fuertes pendientes (Imagen 4), en zonas de transición entre selva baja caducifolia y bosques templados en altitudes entre los 800 msnm y poco más de 1000 msnm. Se presentan rocas volcánicas tipo riolitas y toba ácida; sobre suelos de escaso desarrollo, con abundante presencia de gravas y piedras, y con texturas francas, como el Litosol o Regosol, y en ocasiones Feozem. El clima presente es de tipo semisecosemicálido, con algunas características de aridez, con precipitaciones inferiores a 800 mm y temperaturas medias anuales por arriba de 18°C. Entre las especies que abarcan el estrato entre los 4 m se encuentran *Acacia cochliacantha*, *Sennabicapsularia* y *Prosopis sp.*; en el estrato inferior a los 3 m: *Solanumverbascifolium* (huahtauui), *Senna sp.*, *Ceiba acuminata*, (huacapi), *Lysilomamicrophyllum*, *Haematoxylumbrasiletto* (Brasil), *Caesalpinia pulcherrima* (talpacache), *Fraxinus sp.*, entre otras; cabe mencionar que se presentan congregaciones aisladas de elementos que alcanzan hasta los 8m de altura tales como *Lysilomamicrophyllum* (tepeguaje), *Pachycereus sp.* y *pecten-aboriginum* (INEGI, 2003).



Imagen 4. Zona de cañones con laderas de fuertes pendientes, clima característico para el desarrollo del matorral subtropical (Batopilas, Chih.)

3.2.2 BOSQUE

Vegetación arbórea que se desarrolla en regiones de clima templado y semifrío en regiones montañosas. Conformado por coníferas y latifoliadas, con poca variación de especies. En Chihuahua esta clase de vegetación cubre un 29% de la superficie estatal. Se reportan 6 clases de bosque para el estado (INEGI, 2003).

3.2.2.1 BOSQUE BAJO ABIERTO

Presenta dominio de especies de bajas estaturas generalmente por debajo de los 6m, muy dispersos unos de otros (Imagen 5). En el estado están presentes en la Sierra Madre Occidental sobre sierras bajas, limita con pastizal natural y se encuentra en zonas de transición de bosques de encino y bosque mixto de pino-encino, altitudes por debajo de los 2100 msnm. Esta vegetación se desarrolló sobre suelos someros y pedregosos de tipo regosol o feozem en climas semisecos templados y en ocasiones bajo la influencia de climas templados subhúmedos. Destacan las especies de *Quercus* como *Q. emoryi* (encino prieto), *Q. chihuahuensis* (encino amarillo), *Q. arizonica* (encino azul), *Pinus cembroides*, y en el estrato herbáceo podemos encontrar especies como *Boutelouahirusta* (navajita velluda), *Panicumbulbosum*, *Lycuruspleoides* (zacate lobero), *Mulhenbergia sp.*, *M. montanoa* entre otras y algunos arbustos espinosos como *Mimosa sp.*



Imagen 5. Vista panorámica de bosque bajo abierto (Municipio de Madera, Chihuahua)

3.2.2.2 BOSQUE DE ENCINO

Comunidad vegetal compuesta principalmente por especies del género *Quercus* (Imagen 6). Está presente sobre las laderas bajas e intermedias de la provincia Sierra Madre Occidental bajo la influencia de climas semisecos templados o climas templados subhúmedos. En la provincia Sierras y Llanuras del Norte se desarrolla en las partes más altas de sierras aisladas bajo climas secos templados, en este caso la escasez de lluvia provoca baja estatura de los elementos y una gran dispersión entre los mismos. Este tipo de vegetación antecede al pastizal natural y colinda hacia abajo con matorrales desérticos y en los cañones de la Sierra Madre Occidental colinda con selva baja caducifolia. En Chihuahua se desarrolla entre los 1000 y 2500 msnm sobre suelos de tipo regosol o litosol. Según Rzedouski (1978) la especie más común en el estado es *Q. chihuahuensis*, al norte se presentan también, *Q. grisea* y *Q. emoryi* y algunas especies de gramíneas del género *Bouteloua*. Al poniente podemos encontrar también *Q. hypoleucoides*, *Q. arizonica* y algunas gramíneas como *Muhlenbergiasp.*, *Aristida sp.* Algunas otras especies que pueden estar presentes en esta comunidad vegetal son *Q. depressipes*, *Juniperus deppeana*, *Pinus cembroides* entre otras.



Imagen 6. Especie del género *Quercus*, predominante del bosque de encino

3.2.2.3 BOSQUE DE PINO

Comunidades siempre verdes formadas por coníferas (género *Pinus*) con distribución en climas templados (Imagen 7). Ocupan las partes más altas de la región montañosa del estado sobre todo al poniente y suroeste de la entidad (INEGI, 2003). Rzedowski (1978), menciona que la Sierra Madre Occidental en Chihuahua, presenta amplias extensiones de pinares sobre todo entre los 1800 y 3000 msnm, donde los géneros más abundantes son *Pinus arizónica* en las partes superiores y *Pinus engelmannii* en las inferiores (INEGI, 2003). Algunas otras especies comunes en los bosques de pino de Chihuahua son *Pinus engelmannii*, *Quercus sp.*, *Arbutus sp.*, *P. chihuahuana*, *P. durangensis*, *Pseudotsuga sp.*, *Abies sp.*, *Picea sp.*, *P. ayacahuite*, *P. lumholtzii*, entre otras.



Imagen 7. Bosque de pino (Guadalupe y Calvo, Chih.)

3.2.2.4 BOSQUE DE PINO-ENCINO, ENCINO-PINO

Bosque mixto de especies del genero *Quercus* y *Pinus* (Imagen 8), el factor altitudinal determina la dominancia de una especie sobre la otra, presentándose en primer lugar la dominancia de *Quercus* (Bosque de encino-pino) pasando a ser bosque de pino-encino con el aumento de la altitud (Bosque de pino-encino). Son comunes las especies: *Pinuscembroides* (pino piñonero), *Quercus hypoleucoides*, *Quercus arizonica* (encino azul), *Pinuschihuahuana* (sahuaca), *P. engelmannii* (pino real), además de *Quercusemoryi* (encino prieto), *Q. chihuahuensis* y, en sitios muy aislados, es frecuente encontrar a *Juniperus deppeana* (aorí) y en otros *Cupressus arizonica*. En las zonas donde predominan los *Pinus* se pueden encontrar en el estrato herbáceo elementos de *Bouteloua*, *Muhlenbergia* sp., *Agave* sp., *Opuntia* sp. y *Heteropogon contortus* (zacate colorado). En las zonas de menor altitud, donde dominan los *Quercus*, el estrato herbáceo tiene una gran cobertura, debido a la escasa densidad del estrato arbolado y desempeña un importante papel en la ganadería, dada la gran abundancia de gramíneas, entre las que destacan *Bouteloua gracilis* y *B. hirsuta*.



Imagen 8. Bosque de pino-encino, se observa la presencia de especies del género *Pinus* y *Quercus*.

3.2.2.5 BOSQUE DE TÁSCATE

Bosques formados por árboles de hojas en forma de escama del género *Juniperus* (Imagen 9) conocidos como táscate, enebro o cedro (INEGI, 2005). Se presenta un estrato de gramíneas como *Boutelouasp.*, *Muhlenbergiasp.*, *Aristidasp.*, *Piptochaetiumfimbriatum*, *Lycurusphleooides*, las cuales son de importancia forrajera (INEGI, 2003). Los bosques de táscate parecen constituir una comunidad de origen secundario, sin embargo, este efecto no se ha estudiado (Rzedowski, 1978). En Chihuahua esta región no cubre importantes superficies y se encuentra muy ligado a los bosques de encino, pastizal natural y terrenos agrícolas (INEGI, 2003)



Imagen 9. Bosque de táscate, se observa la dominancia de la especie del género *Juniperus*

3.2.3 PASTIZAL

Vegetación que presenta dominancia de gramíneas. El INEGI (2003), reporta que los pastizales en el estado de Chihuahua cubren el 24% del territorio, sin embargo, en el Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de los pastizales del Desierto Chihuahuense en el Estado de Chihuahua (PACP-Ch., 2011), se menciona que actualmente este ecosistema abarca solo el 15% del territorio debido al manejo inadecuado del mismo. El INEGI (2003), reporta tres tipos de pastizales en el estado:

3.2.3.1 PASTIZAL NATURAL

Constituido por especies de gramíneas principalmente representan uno de los ecosistemas pastoriles más adecuados para la ganadería (Imagen 10). Se desarrollan entre los 1200 y 2300 msnm sobre pies de montes en la provincia Sierra Madre Occidental y sobre las partes llanas de origen aluvial, lomeríos, mesetas y laderas bajas de sierras en grandes extensiones en las dos provincias constituyendo una de las zonas de praderas más importantes del país. Están presentes sobre suelos muy superficiales como el Regosol y Feozem, pero también se desarrollan sobre suelos de tipo Vertisol, Litosol, Renzina, Xerosol y Yermozol. El pastizal natural se adapta a climas semisecos templados con temperaturas medias anuales de 12° y 18° C y una precipitación total anual media de 300 y 600mm, aunque al norte y noreste del estado se adapta a climas muy secos o desérticos templados con temperaturas que oscilan en rangos entre las anteriormente descritas pero con índices de precipitación inferiores a los 400 mm generalmente. En zonas con precipitaciones inferiores a 300 mm dominan las especies *Sporobolus airoides*, *Atriplex canescens* (chamizo) e *Hilaria mutica* (toboso), acompañadas de algunos arbustos como *Larrea tridentata* y *Prosopis glandulosa*. Otras especies que se pueden presentar en los pastizales naturales del estados son *Muhlenbergia sp.*, *Erioneuron sp.*, *Bouteloua sp.*, *Aristida sp.*, entre otras.



Imagen 10. Pastizal natural

3.2.3.2 PASTIZAL HALÓFITO

Pastizal que generalmente no rebasa los 80 cm de altura y que prospera en suelos con altos contenidos en sales solubles. Estos pastizales no son muy buenos para la ganadería por sus características “duras”, sin embargo, la especie *Hillariamútica*, la cual se presenta en este tipo de ecosistema tiene una gran importancia forrajera. Entre las especies comunes para este tipo de vegetación en Chihuahua podemos encontrar *Atriplex sp*, *Hilaria sp*, *Sporobolusairoides* entre otras.

3.2.3.3 PASTIZAL INDUCIDO

Vegetación constituida por especies de gramíneas que crecen cuando es eliminada la vegetación original ya sean las causas desmontes, incendios o áreas agrícolas abandonadas. En el territorio estatal se presentan sobre las partes altas de sierras, llanuras, lomeríos, valles, mesetas, etc., sustituyendo bosques, llanuras, y matorral xerófilo. En zonas donde sustituyen al bosque de encino se encuentran especies como *Bouteloua sp.*, *Muhlenbergia sp.*, *Bromus sp.*, y *Panicum sp.*, (Sueur, 1945). *Boutelouagracilis* (zacate navaita), *Lycurusphleoides* (zacate lobo), *Aristida divaricata*, *Bouteloua hirsuta* y *Muhlenbergia sp.*, constituyen los valles agrícolas presentes en los alrededores de Ciudad Cuauhtémoc. Sustituyendo a bosque de pino en la Sierra Madre Occidental se presenta *Setariageniculata* en asociación de *Boutelouahirusta*, estas acompañadas por *Cyperus sp.*, *Lycurusphleoides*, *Milla biflora*, *Castilleja tenuiflora*, *Stevia stenophylla*, entre otras. En las cercanías a Guachochi se presenta una asociación de *Aristida arizonica-Bouteloua sp.-Cyperus sp.* En zonas de mayor aridez se presenta una asociación de *Erioneuron pulchellum-Aristida sp* (INEGI, 2003).

3.2.4 SELVA

Vegetación arbórea de origen tropical generalmente, que crece en climas cálidos-húmedos a cálidos semisecos (INEGI, 1997). La distribución y cantidad de lluvias determinará las características de la vegetación que presente. En Chihuahua existe una porción de Selva baja caducifolia la cuál cubre casi el 3% de la superficie estatal (INEGI, 2003)

3.2.4.1 SELVA BAJA CADUCIFOLIA

Vegetación tropical que pierde sus hojas durante la etapa seca del año, no alcanza muy elevadas alturas siendo las máximas de 10m y en ocasiones 15m. Se desarrolla al suroeste del estado en los fondos de profundos barrancas donde la altitud desciende de manera brusca, generalmente sobre suelos de tipo Regosol con clima semisecocálido, semisecosemicálidos y cálidosubhúmedo con precipitaciones concentradas en el verano. Entre los árboles más altos que se presentan en el estado para este tipo de vegetación son *Lysilomamicrophyllum* (tepeguaje), *Burseralaxiflora* (torote prieto), *Ceiba acuminata* (pochote), *Burseraodorata*, y arbustos como *Crotonflavescens*, *Rhandiathurberi*, *Opuntia sp.*, *Acacia cochilicanta*, *Albaradoaamorphoides* (plumajillo) entre otras (Imagen 11).



Imagen 11. Vista típica de Selva baja caducifolia en temporada de lluvias (Municipio de Batopilas, Chihuahua).

3.2.5 OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN

Se refiere a los tipos de vegetación que debido a sus características no se han incluido en ninguna de las grandes clases de vegetación presentes en el país.

3.2.5.1 CHAPARRAL

Matorral perennifolio generalmente denso con predominancia de encinos y otros arbustos. En el estado esta vegetación está presente en la provincia Sierras y Llanuras del Norte sobre sierras aisladas de origen sedimentario en forma de manchones que coronan las cumbres más altas. En la provincia Sierra Madre Occidental crece en zonas de mayor humedad sobre cimas de mesetas y laderas en colindancia con bosques de pino. Se desarrolla bajo la influencia de climas con temperaturas frescas pero de escasa humedad con presentaciones inferiores a los 300 mm de promedio anual. Especies comunes son *Arctostafilos pungens* (Imagen 12) la cual es considerada representativa de esta clase, entre otras como *Cercocarpus montanus*, *Juniperus monosperma*, *Quercus chihuahuensis*, *Quercus pungens*, *Agave lechuguilla* y algunas gramíneas como *Bouteloua hirsuta*, *Bouteloua curtipendula*, *Aristida sp.*, *Bouteloua gracilis*.



Imagen 12. *Arctostaphylos sp.*, especie típica de los chaparrales, también se encuentra asociada al fuego.

3.2.5.2 MEZQUITAL

Se refiere a la vegetación compuesta principalmente de la especie de arbusto *Prosopis sp.*, comúnmente llamada mezquite (Imagen 13). En el estado se encuentra en superficies reducidas debido a que el suelo donde se desarrolla presenta propiedades aptas para la agricultura por lo que es sustituida por esta última. Se presenta en altitudes que van de los 1000 a los 1500 msnm. Está presente en la árida planicie del estado sobre valles y llanuras de suelos profundos con la influencia de climas secos o muy secos y desérticos templados y semicálidos con precipitaciones pluviales escasas e irregulares. Convive con gramíneas tolerantes a la salinidad como *Suaeda sp.*, *Muhlenbergia sp.*, *Sporobolus sp.*, y en sitios libres de sales convive con especies del género *Bouteloua* (INEGI, 2003).



Imagen 13. *Prosopis glandulosa*, predominante en los mezquiales (Municipio de Jiménez, Chihuahua)

3.2.5.3 VEGETACIÓN HALÓFITA

Este tipo de vegetación se desarrolla sobre suelos con altos contenidos de sales solubles, se conforma por plantas herbáceas, arbustivas y algunas gramíneas rizomatosas con presencia de plantas suculentas (Imagen 14). En el estado se presenta sobre fondos de llanuras aluviales inundables en suelos Solanchak, y sobre suelos con concentraciones moderadas como xerosol y yermosol. Especies comunes son *Prosopis glandulosa*, *Sporobolusairoides* (zacate alcalino), *Atriplex sp*, *Suaeda sp.*, *Hilaria mutica*, *Gutierriza sp.*, *Sesuvium sp.*, *Larrea tridentata* y en ocasiones *Acacia sp.*, y *Flourenzia sp.* (INEGI, 2003)



Imagen 14. Vegetación halófitas, se observa la presencia de especies suculentas y presencia de la especie *Prosopis glandulosa*.

3.2.5.4 VEGETACIÓN DE DESIERTOS ARENOSOS

Vegetación poco densa que se desarrolla sobre dunas en forma de manchones en zonas áridas (Imagen 15) (INEGI, 1997). Al norte del estado en las dunas de Samalayuca y al poniente y extremo sureste del municipio de Juárez en los campos de dunas pertenecientes al Bolsón de Mapimí. Especies comunes son *Prosopis glandulosa*, *Yucca sp.*, *Artemisia sp.*, (estafiate), *Gutierriza sp.* (escobilla), *Sporobolus airoides* (zacate salado) *Atriplex canescens* entre otras (INEGI, 2003).



Imagen 15. Vegetación de desiertos arenosos (Municipio de Praxedis G. Guerrero, Chihuahua)

3.2.5.5 ÁREAS SIN VEGETACIÓN APARENTE

Se incluyen dunas de arena, campos sin cultivar, bancos de ríos y otros lugares desprovistos de vegetación (INEGI, 2003), tal como se muestra en la Imagen 16.



Imagen 16. Area sin vegetación aparente

3.2.5.6 BOSQUE DE OYAMEL

Se caracteriza por sus coníferas de alturas que en ocasiones sobrepasan los 30 m y están constituidas principalmente por especies del género *Abies*. Se desarrollan entre los 2000 a los 3400 msnm (INEGI, 2005), no obstante, cabe hacer notar, que esta comunidad presenta un ecotono con el bosque de pino, por lo que es común encontrar cinturones donde las especies de *Pinus* se encuentran mezcladas con las de *Abies* (oyamel). En los sitios donde el dosel es cerrado, debido a que la densidad de árboles es elevada, las condiciones de penumbra son tales que los estratos inferiores se encuentran poco desarrollados. Donde las condiciones lumínicas lo permiten, existe un estrato arbóreo inferior constituido por *Garryaovata*, *Buddleia sp.*, e individuos juveniles de *Abies religiosa*. Dentro del estrato herbáceo, las familias mejor representadas son Asteraceae y Gramineae. También son frecuentes en la zona algunas especies de helechos (CONABIO, 2008)

3.2.5.7 BOSQUE DE AYARÍN

Se desarrolla en condiciones parecidas a las de Bosque de oyamel, pero esta clase de vegetación está constituida principalmente por especies del género *Pseudotsuga* y *Picea* (INEGI, 2005). Este tipo de bosque se desarrolla en altitudes entre 200 y 3200 msnm en sitios sombríos y húmedos generalmente sobre cañadas y barrancas o valles muy protegidos ocupando superficies muy pequeñas. La especie de *Pseudotsuga* más común es *P. menziessies* la más común ya que se distribuye en todo el continente. Otra especie representativa de esta comunidad vegetal es la *Picea chihuahuana*, aunque los bosques conformados por esta especie son mucho más reducidos. Estas especies conviven en ocasiones por elementos de *Cupressus* y *Abies* (Rzedowski, 1978).

3.2.5.8 BOSQUE DE GALERÍA

Comunidad arbórea que se encuentra en los márgenes de los ríos o arroyos en condiciones de humedad favorables. Son frecuentes en el norte del país, los bosques de galería formados entre otras especies como sauces (*Salix sp.*), fresnos (*Fraxinus sp.*), álamos (*Populus sp.*), sicómoro álamo (*Platanus sp.*) y *Astianthusviminalis* (INEGI, 2005).

3.3 INSUMOS UTILIZADOS PARA LA CREACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

En esta sección se describe la información cartográfica y el material utilizado como base para actualizar la cartografía de vegetación y uso de suelo en el estado de Chihuahua.

3.3.1 ESCENAS SPOT.

Las imágenes provenientes de la terminal Avanzada SPOT 5, fueron proporcionadas por la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua, a efecto de elaborar la cartografía de uso de suelo y vegetación. Los datos constan de 186 imágenes que abarcan las distintas regiones del Estado de Chihuahua con una resolución espacial de 5 m por pixel y abarcan un total de 60x60 km cada una.



Imagen 17. Escena del satélite SPOT (Municipio de Guachochi)

3.3.2 RED DE PUNTOS GEODÉSICOS

Se refiere a un conjunto de puntos distribuidos por todo el estado de Chihuahua, establecidos físicamente mediante marcas permanentes sobre el terreno. Estos se utilizaron en los procesos de corrección de las imágenes. La red geodésica conforma una base de datos de 280 puntos en formato vectorial y se encuentran en el Datum WGS 84; esta información fue proporcionada por la Dirección de Catastro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del estado de Chihuahua (Figura 3).



Figura 3. Red geodésica del Estado de Chihuahua

3.3.3 CARTOGRAFÍA RURAL DEL REGISTRO AGRARIO NACIONAL (RAN)

El RAN constituye los predios de los ejidos trabajados en el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE) (Figura 4). Se encuentran en formato vectorial y fueron proporcionados por la Dirección de Catastro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del estado de Chihuahua. Esta información fue utilizada en el proceso de corrección geográfica de las imágenes junto con la Red geodésica.

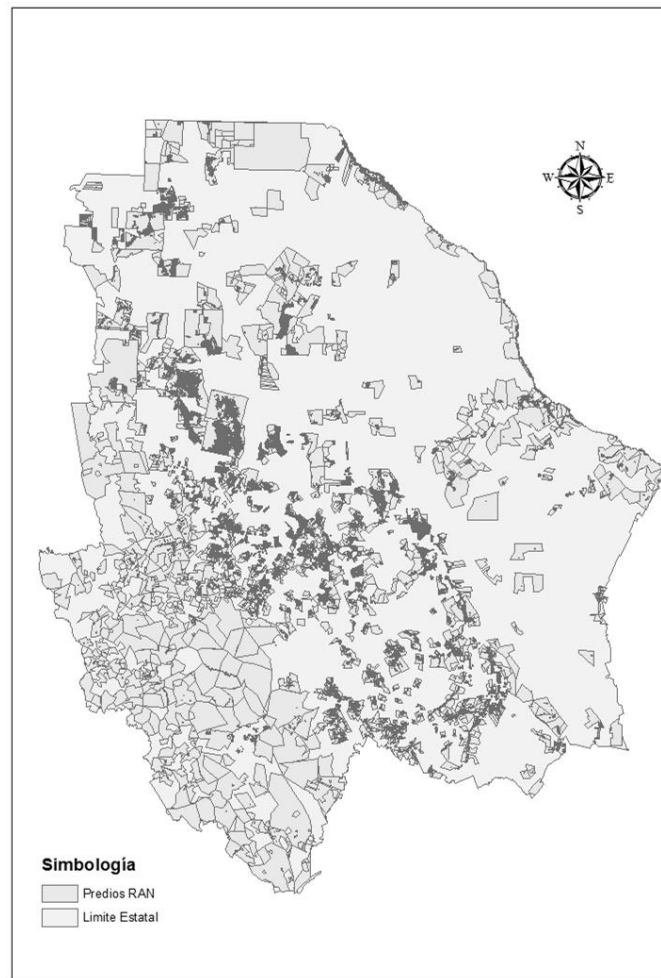


Figura 4. Mapa de predios de los ejidos trabajados en el PROCEDE

3.3.4 CONTINUO DE ELEVACIONES MEXICANO (CEM)

El Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) representa las elevaciones del territorio Mexicano mediante valores que indican puntos sobre la superficie del terreno cuya ubicación geográfica se encuentra definida por coordenadas (X,Y) a las que se le integran valores que representan las elevaciones (Z). A partir del CEM se crearon los siguientes modelos digitales de terreno (MDT): Modelo Digital de Pendientes (MDP) y el Modelo de Dirección de Pendientes (MDDP).

3.3.5 CARTA DE USO ACTUAL DE SUELO Y VEGETACIÓN SERIES II Y IV

La cartografía disponible de uso de suelo y vegetación para el estado de Chihuahua incluida en las series del INEGI a 1:250,000, cuenta con tres cubrimientos denominados Serie I (SI), Serie II (SII), Serie III (SIII), y Serie IV (SIV). Para la elaboración de este trabajo se utilizaron las cartas topográficas digitales SII y SIV escala 1:250,000. En dichas cartas, se representa la localización y extensión de los diferentes tipos de vegetación y agricultura, así como erosión.

3.3.6 SÍNTESIS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

La SIGE (INEGI, 2003) describe las clases de vegetación presentes en el estado de Chihuahua; para lo anterior se basó en los datos de cartografía desarrolladas por la misma institución, además fue complementada con algunas otras fuentes de información. Debido a lo anterior y a que el desarrollo de la cartografía realizada en este proyecto se basó en las Series II y IV del INEGI, este documento fue el principal insumo para describir la vegetación del estado de Chihuahua y como una referencia más para la clasificación de los grupos vegetales presentes en el estado.

3.4 ETAPA 1. PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES

El proceso de actualización del uso de suelo para el Estado de Chihuahua se llevó a cabo en gran medida empleando imágenes provenientes del Sensor SPOT con fecha de adquisición en noviembre y diciembre de 2011 y febrero, marzo, abril y junio de 2012. Cuando se pretende trabajar un mosaico de imágenes provenientes de sensores remotos con distintas fechas de adquisición es necesario llevar a cabo, procesos de corrección que eliminen las diferencias que puedan presentarse entre estas, ya sea en el valor de los atributos geográficos o la intensidad de brillo de los píxeles que las componen. Lo anterior con la finalidad de que estas se encuentren en una adquisición idónea a ser trabajada (Novak, 1992). A continuación se describen los tipos de corrección realizadas en las imágenes así como la conformación de imágenes provenientes del sensor SPOT.

3.4.1 CORRECCIÓN GEOGRÁFICA

Las correcciones geográficas permiten posicionar los píxeles de dos escenas distintas para que estas correspondan geográficamente. Este proceso se llevó a cabo empleando el programa especializado PCI Geomatics® el cual realiza las correcciones a partir de una serie de puntos de control que consisten en una base de datos de coordenadas reales sobre el terreno y que sirven como referencia. Mientras mayor sea el número de puntos de control y mejor distribuidos estén, mayor será la calidad y precisión de la corrección (Novak, 1992). Los *puntos de control* utilizados fueron la Red Geodésica Estatal y los predios de los ejidos trabajados en el PROCEDE en formato vectorial, ambos proporcionados por el departamento de Catastro del estado de Chihuahua. Para lograr una precisión métrica aceptable se realizó el proceso de ortorrectificación, a cada escenario de 3,600 km² (60 km x 60 km).

3.4.2 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

La corrección atmosférica tiene el propósito de eliminar la dispersión de la radiación electromagnética originada por los gases y partículas en suspensión de la atmósfera y de mejorar la calidad visual de las mismas, para facilitar los procesos de clasificación visual y digital (Riaño *et al.*, 2000). Se utilizaron los algoritmos ATCOR2, para corregir imágenes de satélite sobre terreno llano, y ATCOR3, para corregir las imágenes sobre terreno rugoso, del software PCI Geomatics®. Ambos algoritmos trabajan con una base de datos de funciones de corrección atmosférica, almacenada en tablas de referencia del mismo sistema para el sensor SPOT.

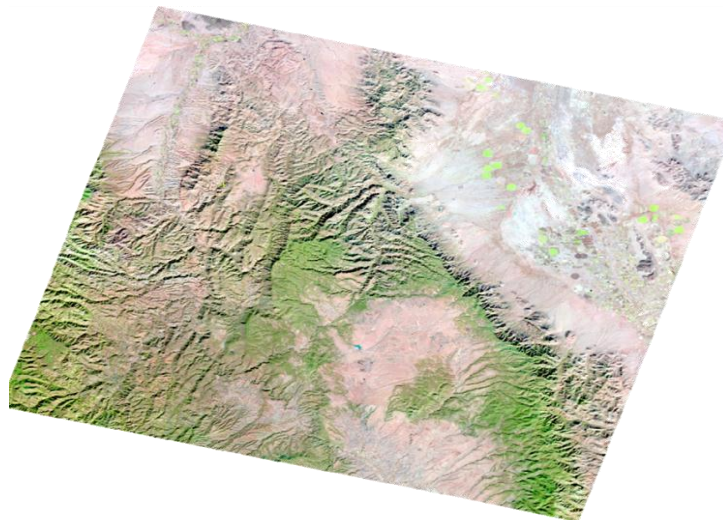


Imagen 18. Imagen sin corrección atmosférica

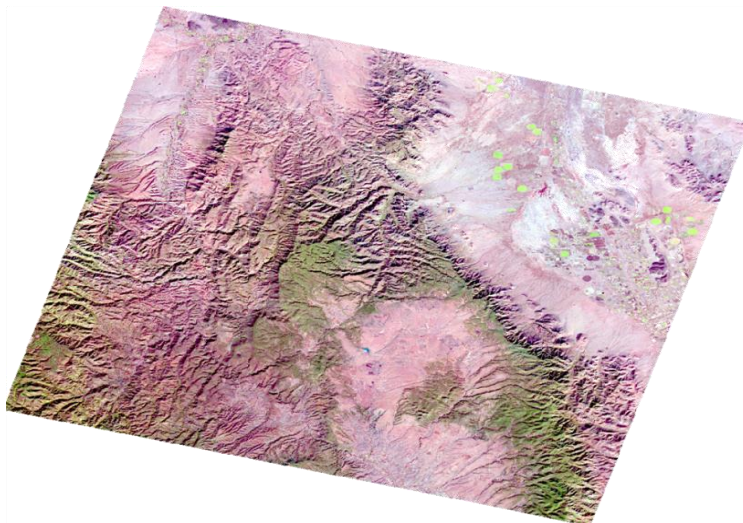


Imagen 19. Se muestra la imagen 18 corregida atmosféricamente

3.4.3 FUSIÓN DE COLOR O PAN SHARP

El algoritmo PANSHARP del software PCI Geomatics© fusiona imágenes pancromáticas de alta resolución con imágenes multiespectrales, creando una imagen en color de alta resolución. Esta técnica a menudo se denomina pan-sharpening. En este proceso se pretendió aumentar la resolución de la imagen multiespectral, la cual presenta una resolución de 10 m por pixel (Imagen 20), fusionándola con la imagen pancromática (Imagen 21), ya que esta última tiene mayor resolución (2.5 m por pixel). De esta forma se combinan la alta resolución de la pancromática y los valores de radiancia presentes en la multiespectral.

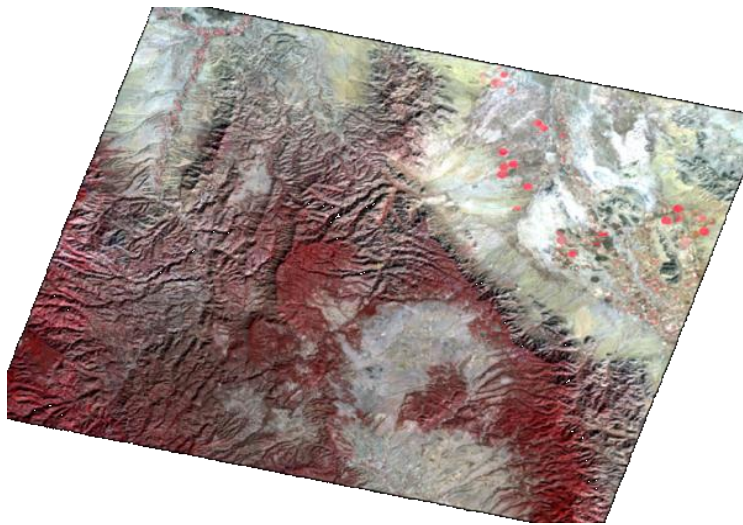


Imagen 20. Imagen multiespectral con resolución espacial de 10 m por pixel

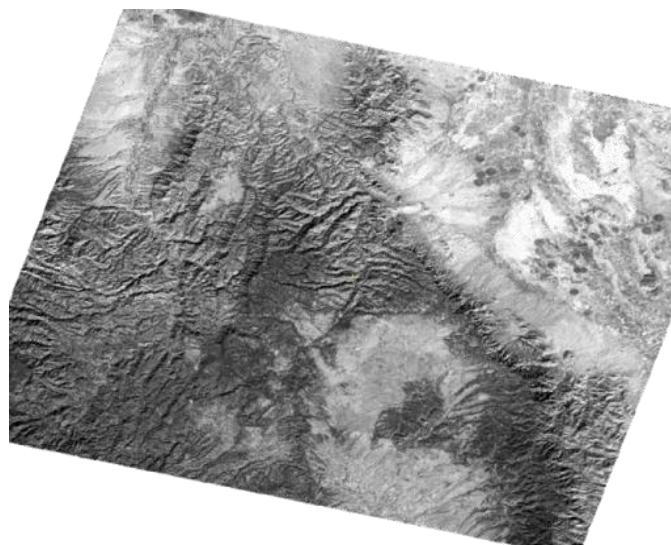


Imagen 21. Imagen pancromática con resolución espacial de 2.5 m por pixel

3.4.4 CORRECCIONES RADIOMÉTRICAS

Cuando se trabaja con imágenes satelitales de distintas fechas es recomendable transformar los valores de intensidad de brillo de los píxeles a parámetros físicos como la reflectancia. Esto garantiza la compatibilidad multitemporal de las imágenes y hace más sólida la interpretación de la información.

De acuerdo con Chandler *et al.* (2004), este proceso se lleva a cabo en dos etapas, la primera consiste en transformar los valores de intensidad de brillo de cada píxel a valores de radiancia utilizando la siguiente ecuación:

$$L_{x,y}^b = DN_{x,y}^b * (G_b + B_b)$$

Dónde:

$L_{x,y}^b$ = Valores de radiancia estimado para el píxel x,y de la banda b

$DN_{x,y}^b$ = Valor de intensidad de brillo del píxel x,y de la banda b

G_b y B_b = Parámetros de calibración del sensor de la banda b

Después se estiman los valores de reflectividad aparente a partir de la siguiente ecuación:

$$R_{x,y}^b = \frac{L_{x,y}^b * \pi * d^2}{Esi_b * Cos(z)}$$

Dónde:

$R_{x,y}^b$ = Valor de reflectancia estimado para el píxel x,y de la banda b

Esi_b = Constante de irradiancia solar en el techo de la atmósfera para la banda b

d^2 = Corresponde al factor corrector de la distancia de la tierra al sol en unidades astronómicas

z = Ángulo de elevación solar al momento en el que se registra la escena

3.4.5 CONFORMACIÓN DE MOSAICOS DE IMÁGENES

Una vez habiendo efectuado los procesos de corrección de las escenas SPOT, se procedió a integrar las escenas para conformar un mosaico que cubre la región que comprende los bosques de clima templado y las zonas desérticas del estado de Chihuahua.

3.5 ETAPA 2. VALIDACIÓN EN CAMPO

El análisis de las imágenes satelitales fue complementado con información directa de campo, la cual posteriormente permitió desarrollar el procedimiento de identificación de las poblaciones vegetales o usos de suelo en la Etapa 3.

3.5.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Se inició delimitando geográficamente a cada clase, utilizando la cartografía del Inventario Nacional Forestal en su serie II, ya que ésta cartografía contiene los rasgos de clasificación que caracterizan al estado de Chihuahua, y que fueron las clases mínimas a considerar en el proceso final de generación de la cartografía actualizada de Uso del Suelo.

Mediante un procedimiento de comparación visual entre la información del INF serie II y las imágenes de satélite, se colectaron 30 sitios de entrenamiento en formato digital por cada clase propuesta. Estos sitios se identificaron de manera aleatoria en el interior de los polígonos correspondientes a cada clase, y seleccionando pixeles de la imagen correspondientes a una dimensión de 1,000 m². Una vez integrado el grupo de sitios de entrenamiento, se procedió a estimar sus valores de dispersión y tendencia central. Para el cálculo del tamaño de la muestra en campo, fue utilizada la varianza utilizada por Bautista, 2004; Martínez *et al.*, 2008, la cual permite optimizar la distribución de unidades de muestreo (sitios de muestreo) por cada clase establecida, ya que minimiza la varianza para cada unidad homogénea (clases de uso del suelo). Dicha varianza fue aplicada en el valor espectral de cada clase y se obtuvo mediante el procedimiento estadístico para el cálculo de muestras en muestreo estratificado aleatorio, donde se consideraron estratos independientes a cada clase de uso del suelo (Tabla 1).

$$n = \frac{L \sum_{h=1}^L N_h^2 S_h^2}{N^2 D^2 + \sum_{h=1}^L N_h S_h^2}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra.

L = Numero de estratos,

N_h = Tamaño total (número de unidades) del estrato h (1,2,...L),

D = Tamaño deseado del error estándar de la media,

s_h = Error estándar del estrato h y

s_h^2 = Varianza del estrato h



Tabla 1. Clases de vegetación y tamaño de muestra establecida

No.	CLASES DE VEGETALES Y DE USO DEL SUELO	MUESTRAS
1	Agricultura de humedad	71
2	Agricultura de Riego (incluye riego eventual)	65
3	Agricultura de Temporal	28
4	Área sin vegetación aparente	72
5	Asentamiento humano	1
6	Bosque bajo-abierto	80
7	Bosque de Encino	42
8	Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	69
9	Bosque de Pino	14
10	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	25
11	Bosque de táscate	77
12	Chaparral	37
13	Cuerpo de Agua	1
14	Matorral desértico micrófilo	34
15	Matorral desértico rosetófilo	42
16	Matorral submontano	42
17	Matorral subtropical	42
18	Mezquital (incluye huizachal)	42
19	Pastizal cultivado	42
20	Pastizal inducido	80
21	Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	10
22	Pradera de alta montaña	0
23	Sabana	0
24	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	14
25	Vegetación de desiertos arenosos	80
26	Vegetación de galería (incluye bosque de galería, selva de galería y vegetación de galería)	80
27	Vegetación halófila y gypsófila	37



3.5.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO

Posterior a la delimitación del tamaño de muestra se establecieron transectos por gradiente altitudinal en el sentido de altura sobre el nivel del mar y además en una primera fase se ubicaron de manera aleatoria entre las clases de uso del suelo (estratos) de acuerdo con la información del Inventario Nacional Forestal. Estos transectos consideran la distribución natural de las comunidades vegetales a clasificar con el procedimiento de análisis de las imágenes. Finalmente los sitios de muestreo se establecieron en cada estrato alineado al transecto seleccionado (Figura 5).

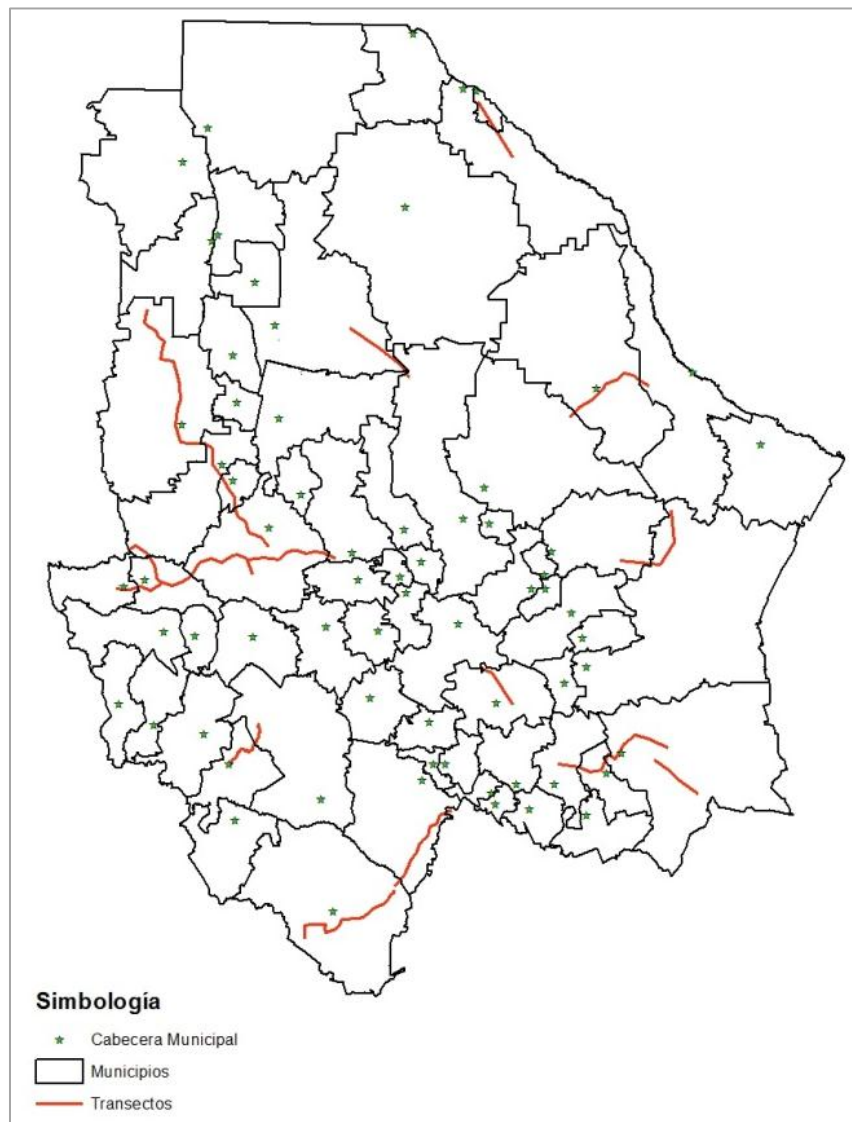


Figura 5. Transectos establecidos para el muestreo

Para el establecimiento de los transectos de muestreo en zonas áridas y semiáridas se utilizó de manera complementaria información desarrollada por Martínez (2012), en un estudio titulado “Patrones de distribución e indicadores de productividad para el aprovechamiento y conservación de especies comerciales de zonas áridas” el cual proporciona información de la distribución potencial de las principales especies de interés comercial en el estado de Chihuahua. En la Tabla 2 se muestra la longitud resultante de los transectos (km), una vez ubicados los sitios de muestreo, así como los municipios donde se localizan.

Tabla 2. Longitud de los transectos y municipios que abarcan

TRANSECTO	LONGITUD(KM)	MUNICIPIOS
Balleza	72.40	Balleza, Guadalupe y Calvo
Batopilas	50.12	Batopilas, Guachochi
Camargo	70.31	Camargo, Julimes
Coyame	71.54	Aldama, Coyame, Ojinaga
Gpe. Y Calvo	93.55	Gpe y Calvo
Guerrero	189.17	Cuauhtemoc, Guerrero, Ocampo, Temosachi
Jimenez	97.78	Allende, Jimenez, Lopez
Jimenez	39.75	Jimenez
Madera	221.71	Guerrero, Madera, Matachi, Temosachi
Moris	34.47	Ocampo, Moris
Namiquipa	55.69	Buenaventura, Chihuahua, Namiquipa
Praxedis G. Guerrero	47.24	Guadalupe, Praxedis G. Guerrero
Valle de Zaragoza	34.98	Satevo, Valle de Zaragoza

3.5.3 UNIDADES DE MUESTREO

El muestreo estratificado aleatorio consistió en el recorrido a través de los transectos determinados, posteriormente el establecimiento de los sitios muestrales para realizar una identificación visual de la comunidad vegetal predominante. Para caracterizar a las comunidades vegetales en cuanto a estructura y composición, se seleccionó al menos al 50% de los sitios determinados, utilizando la metodología del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, donde se utiliza un conglomerado integrado por cuatro unidades de muestreo secundarias o subparcelas. El tipo del conglomerado en todos los tipos de vegetación corresponde a una “Y invertida”, variando la forma de las unidades de muestreo secundarias, rectangular para el caso de las selvas (Figura 6), mientras que para los demás tipos de vegetación es de forma circular; el área en ambos diseños de las parcelas es la misma. La unidad de muestreo es un conglomerado integrado por 4 unidades circulares de registro o sitios equidistantes del centro a cada 45.14m, (Figura 7).

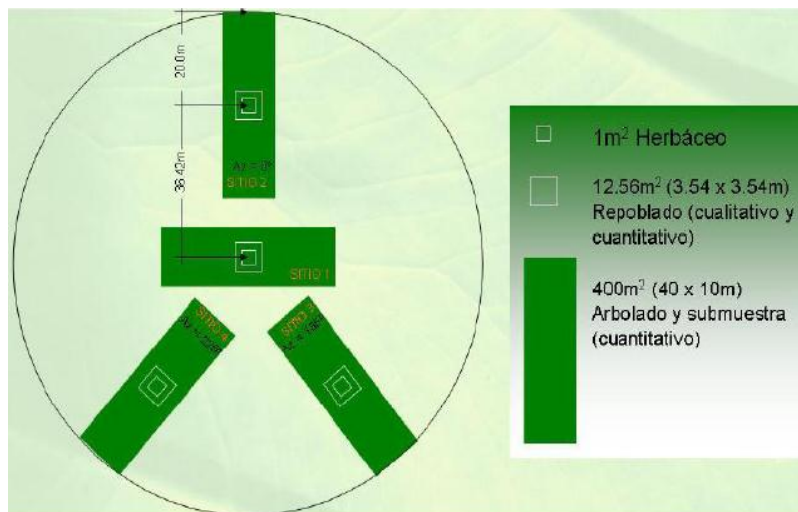


Figura 6. Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en selvas (CONAFOR, 2009)

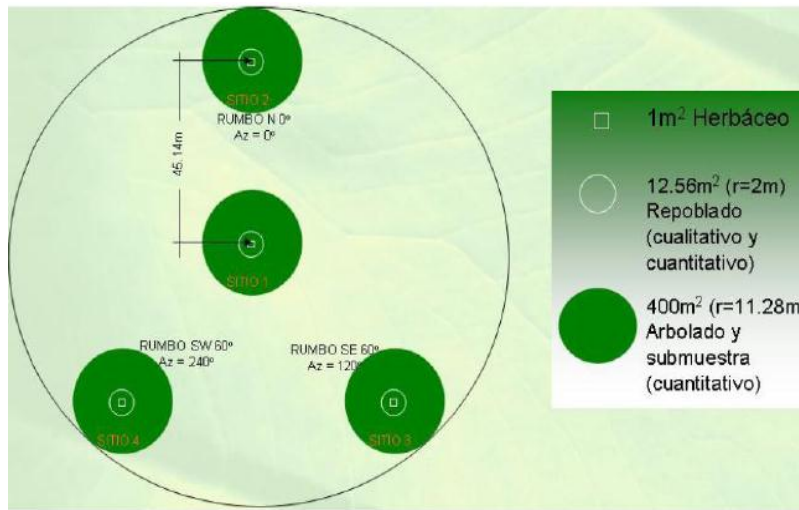


Figura 7. Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en bosques, comunidades áridas, comunidades semiáridas y palmares (CONAFOR, 2009)



Imagen 22. Establecimiento de un sitio de muestreo

En el sitio de 400m² (radio = 11.28m) se mide y registra el arbolado cuyo diámetro normal (DAP) a la altura de 1.3m sobre la superficie del suelo, sea igual o mayor a 7.5cm.



Imagen 23. Caracterización de un sitio de muestreo de 400m²

En el sitio de 12.56m², se mide y registra por género, la frecuencia y algunas variables cualitativas del repoblado, cuyas plantas o árboles pequeños tengan como mínimo 25cm de altura, hasta la altura que alcancen, siempre que su diámetro normal sea menor a 7.5cm. Así mismo, se registran los arbustos representativos de comunidades áridas y semiáridas, e incluso especies invasoras. En el sitio de 1m², se medirán y consignarán las plantas herbáceas, helechos, musgos, líquenes y otras características de la superficie del suelo presentes en el sustrato (CONAFOR, 2009).

El trabajo de muestreo inicio en Junio de 2012 y fue realizado por dos brigadas integradas cada una por 4 especialistas en el área, equipados con los materiales incluidos en la Tabla 3.



Tabla 3. Materiales utilizados por la cuadrilla en campo.

MATERIALES
Radio espectrómetro Field Spec Hand Held 2
Geo posicionador (GPS)
Clinómetro
Laptop con banda ancha móvil (USB)
Cámara fotográfica digital
Mapas y/o fotografías con ubicación de las parcelas y sus coordenadas
Formularios de campo, instrucciones de monitoreo
Brújula
Camioneta para 4 pasajeros
Teléfono celular
Balanzas en gramos para muestras de vegetación
Pieza de 50cm por 50cm de malla galvanizada de 5mm
Bolsas de papel o tela para muestras de hojarasca, vegetación herbácea y suelos
Engrapadora para sellar las bolsas con muestras
Cinta métrica de 30 m
Cinta diamétrica.
Listones para marcar linderos y estacas
Lápices, marcadores, sacapuntas
Equipo para lluvia
Equipo de seguridad como maletín de primeros auxilios, linternas , repelente de insectos



Imagen 24. Cuadrilla de campo

3.5.4 RECOLECCIÓN DE FIRMAS ESPECTRALES UTILIZANDO RADIOESPECTRÓMETRO

Se utilizó un radioespectrómetro marca FieldSpec® modelo HandHeld 2 con el propósito de coleccionar mediciones de reflectancia para diversas especies distribuidas en la región. Las longitudes de onda registradas por el instrumento se extienden en un rango del espectro óptico comprendido entre 325 nm a 1,075 nm abarcando tanto la porción visible del espectro electromagnético (400 - 725 nm) como la del infra-rojo cercano de onda corta (750 – 1,075 nm).

Los procesos de calibración del espectro-radiómetro fueron llevados a cabo previamente a la obtención de mediciones de reflectividad y cada vez que las condiciones de iluminación cambiaban de manera significativa durante el transcurso del día, ya sea por el incremento de nubosidad o bien por el ángulo de elevación solar utilizando un panel de referencia de color blanco fabricado con material Spectralon® (Imagen 26), siguiendo los protocolos y especificaciones técnicas descritas con mayor detalle en el manual de usuario del instrumento.



Imagen 25. Inicialización del radio-espectrómetro.



Imagen 26. Calibración del espectro-radiómetro utilizando panel Spectralon®

Una vez calibrado el instrumento, se procedió a efectuar mediciones de reflectividad dirigiendo o apuntando el dispositivo óptico del espectro-radiómetro, hacia la cubierta vegetal deseada, al momento que la pantalla del instrumento mostraba en tiempo real la curva de reflectancia; de esta manera, la firma espectral fue registrada presionando el botón disparador del instrumento tal y como se ilustra en la Imagen 27.



Imagen 27. Obtención de la firma espectral con el uso del espectro-radiómetro

Las mediciones fueron obtenidas *in situ* durante los meses del verano (Junio, Julio, Agosto) y bajo las óptimas condiciones de iluminación solar (entre 11:00 y 15:00 hrs. tiempo local). La información registrada por el instrumento permitió construir curvas de reflectancia para las especies más representativas de la región. En la imagen 28 y 29 se muestran las curvas de reflectancia obtenida con radio espectrómetro de las especie *Pinus arizonica* y *Larrea tridentata* respectivamente.

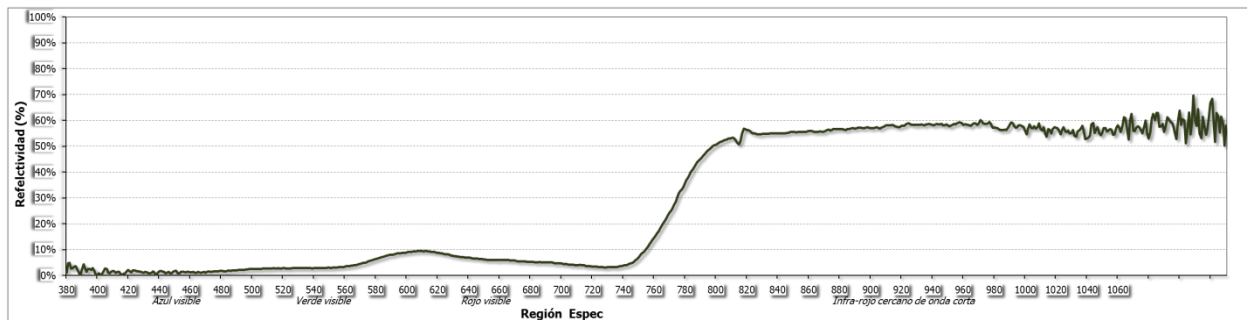


Imagen 28. Curvas de reflectancia de la especie *Pinus arizonica*

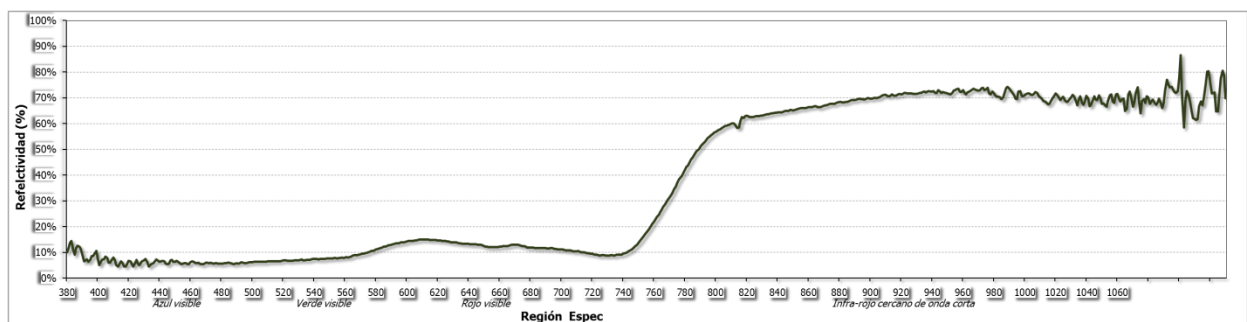


Imagen 29. Curvas de reflectancia de la especie *Larrea tridentata*

3.6 ETAPA 3. CLASIFICACIÓN DE LAS IMÁGENES

La clasificación de uso de suelo y tipos de vegetación presentes en el mosaico de las escenas SPOT que cubren el territorio del estado de Chihuahua, se realizó de acuerdo a las clases determinadas por la Secretaría de Desarrollo Rural (Tabla 4).

Tabla 4. Clases de uso de suelo y vegetación determinadas por la Secretaría de Desarrollo Rural

No.	CLASES DE VEGETALES Y DE USO DEL SUELO
1	Agricultura de humedad
2	Agricultura de Riego (incluye riego eventual)
3	Agricultura de Temporal
4	Área sin vegetación aparente
5	Asentamiento humano
6	Bosque bajo-abierto
7	Bosque de Encino
8	Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)
9	Bosque de Pino
10	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)
11	Bosque de táscate
12	Chaparral
13	Cuerpo de Agua
14	Matorral desértico micrófilo
15	Matorral desértico rosetófilo
16	Matorral submontano
17	Matorral subtropical
18	Mezquital (incluye huizachal)
19	Pastizal cultivado
20	Pastizal inducido
21	Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)
22	Pradera de alta montaña
23	Sabana
24	Selva baja caducifolia y subcaducifolia
25	Vegetación de desiertos arenosos
26	Vegetación de galería (incluye bosque de galería, selva de galería y vegetación de galería)
27	Vegetación halófila y gypsófila

Para el desarrollo de esta fase y con el propósito discriminar las clases temáticas que definen el uso de suelo y tipos de vegetación, se utilizaron procedimientos de clasificación visual y digital de manera combinada. El primer procedimiento se llevó a cabo efectuando reconocimientos visuales de las escenas para identificar mediante criterios visuales de interpretación algunas de las clases temáticas que no pudieron ser discriminadas mediante el procedimiento digital. De este modo, los elementos visualmente identificados fueron digitalizados manualmente en formato vectorial e incorporadas a un Sistema de Información Geográfica. Respecto a las técnicas de clasificación digital, se empleó el procedimiento de clasificación supervisado, el cual se fundamentó en el reconocimiento preliminar del área de estudio. Este método de clasificación permitió establecer propiamente en las imágenes, la serie de sitios de entrenamiento representativos de cada clase temática y obtener de este modo, los correspondientes valores de dispersión y de tendencia central de reflectividad que definen sus características espectrales.

En el desarrollo de esta fase del proyecto se implementó un algoritmo de clasificación supervisado basado en una combinación del clasificador de Máxima Verosimilitud y el clasificador de árbol, a partir de los cuales, en una primera instancia se asume que los valores de reflectancia provenientes de los sitios de entrenamiento presentan una distribución normal; esto brinda la posibilidad de describir cada clase por una función probabilística, a partir de su vector de medias y matriz de varianza-covarianza. El método mixto empleado lleva a cabo un análisis exhaustivo de las respuestas espectrales de las clases además de un conjunto de información proveniente de índices espectrales (NDVI) y de Modelos Digitales de Terreno MDT (elevaciones, pendientes, dirección de pendientes). Las clases fueron definidas en función de una serie de condicionantes o restricciones por las cuales cada píxel fue evaluado. El método se basa en los mismos principios que los sistemas expertos y aunque por una parte es más complejo y requiere de un mayor volumen de cálculos, por otra, resulta ser más robusto y fiable ya que considera elementos de las características del relieve complementarios a las bandas espectrales de las escenas.

En la Tabla 5 se muestran los valores estadísticos de reflectividad de las clases temáticas más representativas, derivados a partir de los sitios de entrenamiento establecidos en el mosaico de escenas SPOT para cada una de las clases temáticas que se intentan discriminar. La información obtenida permite el establecimiento de una serie de condicionantes considerando además de la respuesta espectral características del relieve con información proveniente de Modelos Digitales de Terreno.

Tabla 5. Valores estadísticos de reflectividad derivados a partir de los sitios de entrenamiento

CLASE	CRITERIO	MIN	MAX	RANGO	MEDIA	DESV STD
Pino encino	B1 V (0.50 - 0.59 μm)	0	113	113	20.53	10.02
	B2 R (0.61 - 0.68 μm)	0	92	92	23.52	5.46
	B3 IFR-N (0.78 - 0.89 μm)	0	255	255	112.64	12.15
	B4 IFR-M (1.58 - 1.75 μm)	0	153	153	70.32	12.86
	ALTITUD	1404	2791	1387	1982.29	250.08
Encino	B1 V (0.50 - 0.59 μm)	0	117	117	11.94	11.20
	B2 R (0.61 - 0.68 μm)	0	87	87	12.68	9.43
	B3 IFR-N (0.78 - 0.89 μm)	0	255	255	89.50	20.76
	B4 IFR-M (1.58 - 1.75 μm)	0	173	173	51.04	20.26
	ALTITUD	1406	2789	1383	2072.54	224.20
Pino	B1 V (0.50 - 0.59 μm)	0	119	119	12.87	9.62
	B2 R (0.61 - 0.68 μm)	0	86	86	12.71	6.41
	B3 IFR-N (0.78 - 0.89 μm)	0	255	255	90.22	13.64
	B4 IFR-M (1.58 - 1.75 μm)	0	157	157	53.23	14.65
	ALTITUD	1411	2795	1384	2097.30	201.53
Mezquital	B1 V (0.50 - 0.59 μm)	0	127	127	57.94	9.04
	B2 R (0.61 - 0.68 μm)	0	123	123	71.32	9.27
	B3 IFR-N (0.78 - 0.89 μm)	0	255	255	228.15	20.12
	B4 IFR-M (1.58 - 1.75 μm)	0	197	197	113.09	11.44
	ALTITUD	1404	2782	1378	1509.50	171.75
Agricultura	B1 V (0.50 - 0.59 μm)	0	89	89	26.31	6.73
	B2 R (0.61 - 0.68 μm)	0	94	94	32.88	4.91
	B3 IFR-N (0.78 - 0.89 μm)	0	255	255	131.83	10.82
	B4 IFR-M (1.58 - 1.75 μm)	0	191	191	83.15	11.11
	ALTITUD	1404	2786	1382	1887.69	277.28
Pastizal	B1 V (0.50 - 0.59 μm)	0	103	103	32.17	6.15
	B2 R (0.61 - 0.68 μm)	0	104	104	40.29	5.48
	B3 IFR-N (0.78 - 0.89 μm)	0	255	255	147.73	12.29
	B4 IFR-M (1.58 - 1.75 μm)	0	195	195	92.00	10.83
	ALTITUD	1403	2793	1390	1805.08	280.15

Bajo el supuesto de que los valores de reflectividad se distribuyen normalmente en cada clase temática y para garantizar con al menos un 80% de probabilidad que estos valores representan apropiadamente la clase espectral, por lo que los límites inferiores de los intervalos de cada clase se establecieron en función del valor promedio menos una desviación estándar, en tanto que los límites superiores fueron establecidos en función del valor promedio más una desviación estándar. Bajo este contexto tomando como ejemplo las características espectrales correspondientes a la clase temática de PINO presentadas en la tabla 1, por lo que el algoritmo de clasificación combinado operaría de la siguiente manera:

Cada pixel del mosaico de escenas será clasificado como de la clase de PINO siempre y cuando los valores de reflectividad correspondientes a la banda 1 se encuentren entre 3.2 (Media – DesvStd) y 22.5 (Media + DesvStd) y además en la banda 2 se encuentren entre 6.3 y 19.1, y en la banda 3 entre 76.6 y 103.9; y en la banda 4 entre 38.6 y 67.9; y con una altitud superior a 1895 msnm; y finalmente con valores del NDVI por encima de 0.65.

El algoritmo quedaría codificado de la siguiente manera, para su operación en un sistema de información geográfica:

$$\text{IF } (((B1 > 3.2) \text{ AND } (B1 < 22.5)) \text{ AND } \\ ((B2 > 6.3) \text{ AND } (B2 < 19.1)) \text{ AND } \\ ((B3 > 76.6) \text{ AND } (B3 < 103.9)) \text{ AND } \\ ((B4 > 38.6) \text{ AND } (B4 < 67.9)) \text{ AND } \\ ((ALT > 1895) \text{ AND } ((NDVI > 0.65))))$$

De igual manera el algoritmo operaría para la clase de PINO-ENCINO

Cada pixel del mosaico de escenas será clasificado como de la clase de PINO-ENCINO siempre y cuando los valores de reflectividad correspondientes a la banda 1 se encuentren entre 10.5 (Media – DesvStd) y 30.5 (Media + DesvStd) y además en la banda 2 se encuentren entre 18.1 y 29.0, y en la banda 3 entre 100.5 y 124.8; y en la banda 4 entre 57.5 y 83.2; y con un rango de altitud comprendido entre 1,732 y 2,230 msnm; y finalmente con valores del NDVI por encima de 0.65.

El algoritmo quedaría codificado de la siguiente manera:

```
IF ( ( (B1 > 10.5) AND (B1 < 30.5) ) AND  
    ( (B2 > 18.1) AND (B2 < 29) ) AND  
    ( (B3 > 100.5) AND (B3 < 124.8) ) AND  
    ( (B4 > 57.5) AND (B4 < 83.2) ) AND  
    ( (ALT > 1732) AND (ALT < 2,230) ) AND  
    ( (NDVI > 0.65) ) )
```

Los cuerpos de agua fueron clasificados de manera sencilla tomando en consideración los valores negativos del NDVI. Las áreas urbanas, fueron clasificadas en función de criterios de interpretación visual tales como color, tono, textura, forma, tamaño y contexto de las unidades espaciales. La labor de interpretación se facilitó enormemente realizando el contraste de la escenas y con la combinación de diferentes bandas espectrales para obtener composiciones en color.

3.7 ETAPA 3. CREACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

A partir de los mapas temáticos adquiridos por la supervisión raster se procedió a vectorizar las 27 clases obtenidas a escala 1:100,000 para la superficie total del Estado y 1:50,000 para terrenos con presencia de vegetación forestal para las zonas de bosque templado, así como los terrenos de zonas áridas con distribución potencial de especies de interés comercial (lechuguilla, candelilla, sotol, orégano y mezquite) del Estado.

Para cada clase temáticas se llevaron a cabo transformaciones de formato raster a formato vectorial obteniendo de este modo coberturas de poligonos a las cuales se les crearon las tablas de atributos que permiten identificar los nombres de las clases que representan, así como la superficie que abarcan.

La cartografía se encuentra en formato shape, se incluyen los metadatos generados y sus campos adecuadamente validados, el sistema de coordenadas se encuentra en Coordenadas Geográficas de acuerdo al Marco de Referencia Terrestre Internacional definido por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS) para el año 2008, con datos de la época 2010.0, denominado ITRF2008 época 2010.0, asociado al elipsoide de referencia del Sistema Geodésico de Referencia de 1980, es decir, GRS80.

3.8 FIABILIDAD DE LAS CLASIFICACIONES

La principal finalidad que se persigue con este procedimiento, consiste en determinar si las clases temáticas obtenidas en los procedimientos de clasificación digital y visual correspondieron con las clases reales presentes en el área de estudio.

Para evaluar la precisión de los procedimientos de clasificación desarrollados en la obtención de la cartografía del uso de suelo y tipos de vegetación escala 1:50,00 se utilizaron como puntos de verificación, un total de 10,321 sitios provenientes del Inventario Nacional Forestal distribuidos en el territorio del Estado de Chihuahua, los cuales registran 14 tipos de vegetación y se consideraron para efectos del presente estudio como realidad de terreno.

El paso siguiente consistió en comparar para cada punto de verificación, la clase real con las clases deducidas en los procedimientos de clasificación visual y digital respectivamente. Con esta información, se construyó una matriz de confusión para recoger los principales conflictos que ocurrieron entre las categorías.

La fiabilidad de las clasificaciones se estimó en función de la relación existente entre el número de puntos de verificación clasificados correctamente con el número total de puntos de verificación establecidos; así mismo, los intervalos de confianza en los cuales se determinaron las exactitudes reales de las clasificaciones se obtuvieron en función de un determinado nivel de significancia, del error del muestreo y, del nivel de probabilidad, tal y como se representa en la ecuación propuesta por Chuvieco (1990).

$$F = Fm \pm z \left(\sqrt{\frac{pq}{n}} \right)$$

Donde:

F=Fiabilidad real de la clasificación

Fm= Fiabilidad media de la clasificación

$z_{(1-\alpha)}$, Abscisa de la curva normal para un nivel determinado de probabilidad

p=Porcentaje de aciertos estimado en la clasificación

q= Porcentaje de errores

($q = 1 - p$)=Porcentaje de errores de la clasificación

n=Número de puntos de verificación establecidos.

Con la finalidad de determinar si las clasificaciones visuales y digitales han discriminado las categorías de interés con una fiabilidad significativamente mayor a la que se hubiera obtenido con una consignación aleatoria, se estimó el estadístico Kappa (k); la estimación se obtuvo a partir de la siguiente ecuación sugerida por Foody(1992), y Congalton(1988).

$$k = \frac{Po - \sum Pc_i \cdot Pl_i}{1 - \sum Pc_i \cdot Pl_i}$$

Donde:

Po= Proporción de acuerdos observados, la cual se obtiene a partir de la relación existente entre el total de puntos clasificados correctamente (suma de acuerdos ubicados en la diagonal de la matriz) y el total de puntos muestreados
Pli y Pci= Proporción de acuerdos esperados, es decir el producto de marginales por clase en línea y en columna.

3) RESULTADOS

4.1 CARTOGRAFÍA

Se generaron los mapas impresos y digitales de la superficie total del estado de Chihuahua escala 1:50,000, de acuerdo a la plantilla oficial de presentación con la estructura cartográfica proporcionada por el Gobierno del Estado y cumpliendo con la normatividad del INEGI (LSNIEG, 2008).

4.1.1. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.

Se generó un total de 325 cartas de uso de suelo y vegetación de la superficie total del Estado de Chihuahua. En la imagen 30 se puede apreciar una perspectiva de la carta Naica G13A18.

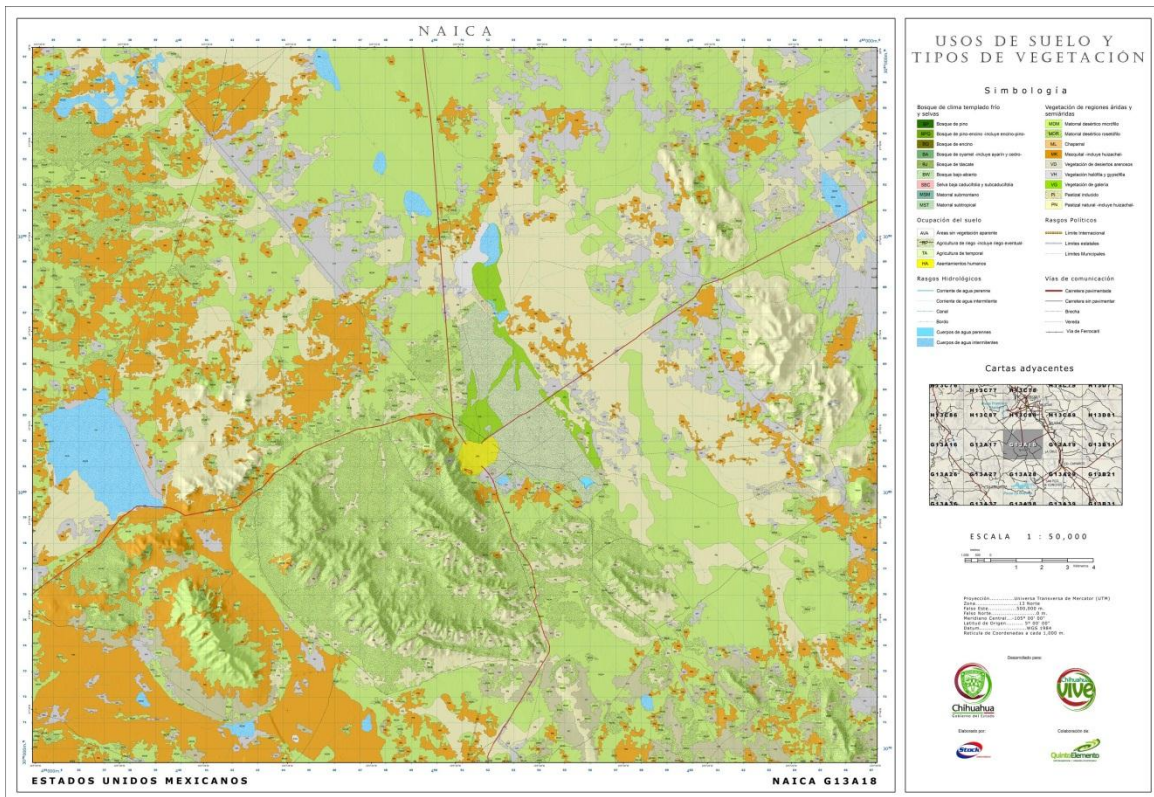


Imagen 30. Carta Naica G13A18 uso de suelo y vegetación escala 1:50,000

4.2 ARCHIVOS SHAPE

El archivo *shape* es un formato digital que consta de por lo menos tres archivos, en los que se almacena los elementos geográficos (*.shp *.shx) y los datos tabulares con sus atributos (*.dbf). La información temática y los atributos de cada elemento se almacenan mediante números o cadenas de texto, en una tabla de datos independiente en formato *dBase*. Los elementos geométricos se almacenan mediante sus vértices en el archivo *shape*. Estos archivos solo puede tener un tipo de elementos, puntos, líneas y polígonos.

Los elementos generados de la cartografía fueron polígonos, y la tabla de atributos la conforman los campos:

Tabla 6. Campos y atributos de los archivos *shape*

CAMPO	DATA TYPE	ESPECIFICACIÓN
AREA	Doble	Superficie en Hectáreas de los polígonos
PERIMETER	Doble	Perímetro en metros de los polígonos
CODIGO	Short	Código asignado a la clase
ID	Doble	Identificador del polígono
CLASE	Texto	Nombre de la clase de vegetación
CLAVE	Texto	Clave asignada a la clase

4.3 MOSAICO

En la imagen 32 podemos apreciar el mosaico resultante del macizo forestal del Estado, conformado por escenas del sensor SPOT, que fueron preparadas para la clasificación de las diferentes clases de uso de suelo y vegetación.



Imagen 32. Mosaico correspondiente al macizo forestal del Estado de Chihuahua

4.4 FIABILIDAD DE LAS CLASIFICACIONES

4.4.1. PROCESO DE VERIFICACIÓN DE PRECISIÓN DE LA CLASIFICACIÓN A TRAVÉS DEL MÉTODO DE MATRIZ DE ERRORES Y EL ÍNDICE KAPPA.

Para evaluar la precisión de los procedimientos de clasificación desarrollados en la obtención de la cartografía del uso de suelo y tipos de vegetación escala 1:50,00 se utilizaron como puntos de verificación, un total de 10,321 sitios provenientes del Inventario Nacional Forestal, los cuales registran 14 tipos de vegetación y se consideraron para efectos del presente estudio como realidad de terreno.

Del número total de sitios, un 8.7% se localizaron en matorral desértico, 1.53% son selvas bajas y matorral subtropical y el 89.18% se ubicó en la región de bosque de clima templado, (36.84% en bosques de pino-encino, 28.73% en bosques de pino, 20.43% en bosques de encino, 2.93% en Bosque bajo abierto y 0.25% en bosques de táscate).

Respecto a las clases deducidas o interpretadas, originalmente se obtuvieron un total de 17 clases que identificaron el uso de suelo y tipos de vegetación a nivel estatal, sin embargo, para efectos de validación se redujeron a las 14 clases que fueron documentadas por los sitios del Inventario Nacional Forestal. En la Tabla 7 se muestra la matriz de confusión obtenida al confrontar las clases reales de terreno, con las clases deducidas mediante procedimientos de clasificación. Las clases reales se encuentran representadas por columnas en la matriz, en tanto que las clases deducidas o interpretadas, se representan en las filas. Las diagonales localizadas en el interior de la matriz, corresponden al número de puntos de verificación que fueron asignados correctamente a una clase temática, es decir la clase deducida coincide con la clase real observada, la suma de los valores encontrados en la diagonal corresponderá con el total de puntos de verificación interpretados correctamente; mientras que los números ubicados en los marginales, representan los conflictos o confusiones ocurridas entre las clases temáticas.

Tabla 7. Matriz de confusión derivada al confrontar las clases reales de terreno y las clases deducidas a partir de procesos de clasificación

		CLASES INTERPRETADAS														Total	Aciertos (%)
		BG	BP	BQ	BPQ	BJ	BW	MDM	MDR	MK	ML	MST	SBC	VD	VH		
CLASES REALES	BG	10	0	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	20	50.0%
	BP	0	2767	9	136	0	52	0	0	0	2	0	4	0	0	2970	93.2%
	BQ	2	89	1805	144	2	27	0	7	8	2	7	5	6	8	2112	85.5%
	BPQ	0	191	60	3468	2	88	0	0	0	0	0	0	0	0	3809	91.0%
	BJ	0	0	0	3	19	0	0	0	0	0	4	0	0	0	26	73.1%
	BW	4	0	48	23	0	217	0	4	0	0	0	0	6	1	303	71.6%
	MDM	0	0	0	0	0	0	531	11	8	0	8	0	0	6	564	94.1%
	MDR	0	0	0	0	0	0	4	118	0	0	0	0	4	4	130	90.8%
	MK	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	4	64	93.8%
	ML	0	0	0	0	0	0	4	0	0	38	0	0	0	0	42	90.5%
	MST	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	31	96.8%
	SBC	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	117	0	0	127	92.1%
	VD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	97	100.0%
	VH	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	36	44	81.8%
	Total	16	3047	1928	3785	23	384	539	141	84	42	49	126	114	61	9313	10339
	Aciertos (%)	62.5%	90.8%	93.6%	91.6%	82.6%	56.5%	98.5%	83.7%	71.4%	90.5%	61.2%	92.9%	85.1%	59.0%		

Bosque de galería (BG); Bosque de Pino (BP), Bosque de Encino (BQ), Bosque de pino-encino y encino-pino (BPQ), Bosque de táscate (BJ); Bosque bajo-abierto (BW); Matorral desértico micrófilo (MDM); Matorral desértico rosetófilo (MDR); Mezquital (MK); Chaparral (ML); Matorral submontano (MSM), Selva baca caducifolia (SBC); Vegetación de desiertos (VD), Vegetación halófila y gypsofila (VH).

Para efectos de la interpretación de la matriz de confusión se puede decir que en la clase interpretada como bosque de galería (BG) se identificaron 10 puntos de verificación que coincidieron con la realidad de terreno, 4 puntos de verificación que se confundieron con bosque de encino (BQ), 2 con bosque de pino encino (BPQ), 1 con matorral desértico rosetófilo (MDR), 1 con vegetación de desiertos y 2 con vegetación halófila (VH), lo que dio una precisión de 50% para esta clase temática. La interpretación del resto de las clases se efectuaría entonces bajo estos mismos criterios.

El total de puntos de verificación que fueron asignados correctamente a cada clase temática fue de 9,313 (suma la diagonal de la matriz), con lo cual se obtuvo una fiabilidad media en la clasificación de 90.1%. El valor estadístico kappa obtenido fue de 0.87, lo que indica que los procesos de clasificación desarrollados tienen una precisión de un 87% significativamente mejor que la que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria; un valor estadístico kappa cercano a la unidad, refleja un acuerdo pleno entre realidad de terreno y clasificación, mientras que un valor cercano a 0 sugiere que el acuerdo observado se debe completamente al azar (Chuvieco, 1990; Foody, 1992). Puede asegurarse con un nivel de confianza de 95% que la precisión real de la clasificación se encuentra entre 89.9% y 90.39%.

En la matriz de confusión mostrada en la tabla 7, puede observarse claramente que las clases interpretadas como bosque de pino (BP), bosque de pino-encino (BPQ), matorral desértico micrófilo (MDM), matorral desértico rosetófilo (MDR), mezquital (MK), Chaparral (ML), matorral submontano (MST), selva baja caducifolia (SBC) y vegetación de desiertos arenosos (VD) fueron las clases que obtuvieron una precisión superior al 90%; en tanto que en las clases que representan los bosques de encino (BQ), los bosques de táscate (BJ), bosque bajo abierto (BW) y la vegetación halófila y gypsófila (VH), el porcentaje de aciertos se encontró entre 71 y 85%. La vegetación de galería (BG) por su parte mostró el más bajo valor de precisión con un 50%, este bajo valor porcentual podría ser explicado por la elevada variabilidad en los valores espectrales y de topografía que presentan las zonas de vegetación de desiertos arenosos (VD), mezquital (MK) y vegetación halófila (VH); además también es importante tomar en consideración la poca representatividad que muestran los puntos de verificación que se ubicaron en estas clases temáticas, ya que son un número muy reducido de sitios, comparado con la región de bosque de clima templado.

Los principales conflictos que la matriz de confusión exhibe, se observan principalmente entre las clases de BP, BPE y BE. Un análisis espacial más detallado revela que aproximadamente 70% de los puntos de verificación que presentaron conflictos propiamente entre estas clases se encontraron espacialmente muy próximos a las zonas de transición de estas mismas clases en donde la variabilidad espectral es muy elevada. El resto de los puntos de verificación en conflicto pudiera estar relacionado con los cambios que la cubierta forestal pudiese haber presentado por efecto ya sea del desmonte o de los incendios forestales que han ocurrido entre el periodo de tiempo en el que se levantaron los sitios del Inventario Nacional Forestal (2007) y la fecha de las imágenes en las que se llevó a cabo la interpretación y obtención de las clases temáticas. No obstante estas clases temáticas mostraron una elevada precisión que supera el 90% de valor porcentual de aciertos.

4.5 COMPARACIÓN DE CARTOGRAFÍA

En la imagen 33, correspondiente al municipio de Guachochi, Chihuahua, podemos apreciar la clasificación generada de uso de suelo y vegetación escala 1:50,000. En contraste, los polígonos en rojo representan la carta de uso de suelo y vegetación Serie IV del INEGI escala 1:250,000.

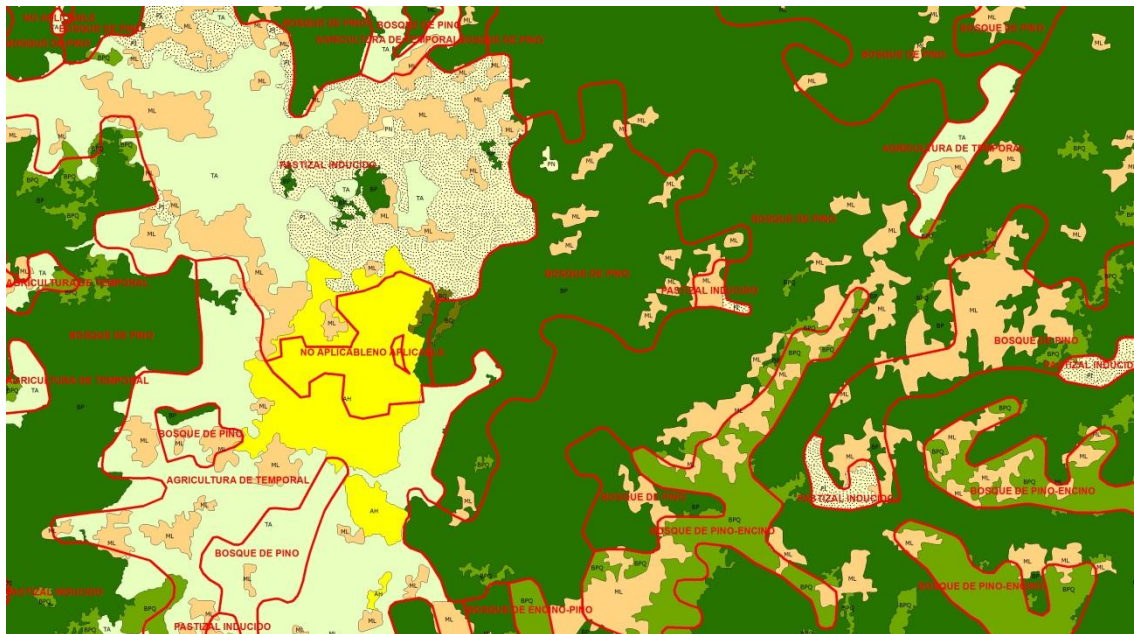


Imagen 33. Comparación de cartografía (Municipio de Guachochi, Chihuahua)

Claramente son apreciadas las diferentes clases existentes dentro los polígonos de la Serie IV, debido primeramente a la diferencia en escala utilizada, seguido del cambio de uso de suelo experimentando del año 2005 al 2012.

4.6 SUPERFICIE

4.6.1. COBERTURA TOTAL ESTATAL DE CADA CLASE DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

Siendo el principal objetivo de este proyecto la generación de cartografía para la planeación y manejo de recursos regionales, en especial en el sector forestal, se determinó generar los cálculos de superficie a través de la delimitación estatal de Unidades de Manejo Forestal, que corresponde a un territorio cuyas condiciones físicas, ambientales, sociales y económicas guardan cierta similitud para fines de ordenación, manejo forestal sustentable y conservación de los recursos (LGDFS, 2012). El estado de Chihuahua está delimitado por 14 Unidades de Manejo Forestal que comprenden una superficie de 24,727,755.34 ha.

La clase de vegetación dominante en el estado de Chihuahua es el Bosque de Pino-Encino (incluye bosque de encino-pino) con una superficie de 3,198,999.90 ha, seguida del Matorral Desértico Micrófilo con una superficie 3,137,427.59 ha, Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal) con una superficie total de 2,995,132.32 ha, Matorral desértico rosetófilo con una superficie de 2,258,962.65 ha, Vegetación halófila y gypsófila con 2,092,586.56 ha y Vegetación de desiertos arenosos con 2,078,818.26 ha.

La superficie de 1,791,595.58 ha ocupada por Bosque de pino fue mayor a la superficie de 1,348,313.81 ha abarcada por Bosque de encino. Los demás tipos de Bosque presentes en el territorio estatal abarcaron considerablemente menor superficie con respecto a los anteriores, ya que el Bosque bajo-abierto obtuvo una superficie de 618,992.89 ha, seguida de Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro) con 219,067.21 ha y Bosque de táscate con 36,168.16 ha, siendo este último, una de las clases con menor superficie abarcada dentro del estado ocupando el cuarto lugar en orden de descendencia.

En cuanto a los tipos de agricultura que se manejan dentro del estado tenemos que la Agricultura de temporal es más amplia en cuanto a superficie con respecto a la Agricultura de riego (incluye riego eventual), ya que la primera tiene una superficie de 1,704,197.29 ha, y la segunda representa una superficie de 692,496.72 ha.

Los Mezquiales (incluye huizachal) abarcan una superficie total estatal de 914,176.98 ha. La Selva baja caducifolia y subcaducifolia presentó una superficie de 596,986.68 ha; el Pastizal inducido 355,678.13 ha, siendo mayor que el Chaparral y la Vegetación de galería en cuanto a superficie, ya que estas últimas presentaron 277,511.02 ha y 69,268.78 ha respectivamente.

Los Asentamientos humanos abarcan un territorio total estatal de 140,335.11 ha y los cuerpos de agua 34,951.36 ha. Las Áreas sin vegetación aparente ocupan 19,267.37 ha en el estado. Por último, el tipo de vegetación menos extensa dentro del estado fue Matorral submontano con una superficie de 132.85 ha (Tabla 8).

Tabla 8. Cobertura total estatal que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en el estado de Chihuahua

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	692,496.72
Agricultura de temporal	1,704,197.29
Área sin vegetación aparente	19,267.37
Asentamiento humano	140,335.11
Bosque bajo-abierto	618,992.89
Bosque de encino	1,348,313.81
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	219,067.21
Bosque de pino	1,791,595.58
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	3,198,999.90
Bosque de táscate	36,168.16
Chaparral	277,511.02
Cuerpo de agua	34,951.36
Matorral desértico micrófilo	3,137,427.59
Matorral desértico rosetófilo	2,258,962.65
Matorral submontano	132.85
Matorral subtropical	146,688.11
Mezquital (incluye huizachal)	914,176.98
Pastizal inducido	355,678.13
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	2,995,132.32
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	596,986.68
Vegetación de desiertos arenosos	2,078,818.26
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	69,268.78
Vegetación halófila y gipsófila	2,092,586.56
TOTAL	24,727,755.34

4.6.2. COBERTURA POR UMAFOR DE CADA CLASE DE DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

4.6.2.1. UMAFOR BABÍCORO CASAS GRANDES

La unidad de manejo forestal Babícora Casas Grandes se encuentra situada en la parte noroeste del estado de Chihuahua, tiene una superficie territorial de 1,221,094.71 hectáreas que se distribuyen en forma total o parcial en los siguientes municipios: Casas Grandes, Ignacio Zaragoza, Janos, Madera, Temósachi, Gómez Farías, Matachí, Galeana, Nuevo Casas Grandes, Buenaventura, Guerrero y Namiquipa; colinda al Oeste con el estado de Sonora y dentro del estado de Chihuahua con otras UMAFORES de la siguiente manera: Al Este con “La Cuenca Santa María”, al Norte con “Semidesierto Norte”, al Oeste con “El largo-Madera” y al Sur con la “Occidente de Chihuahua”.

Para la clase de vegetación y uso de suelo se determinaron 20 tipos diferentes, de los cuales 4 son los que tiene la mayor predominancia: Bosque de Pino-encino (incluye encino-pino) con una superficie de 466,109.43 ha, seguido del Bosque de encino con 221,479.18 ha, Agricultura de temporal con 142,041.30 ha y Pastizal natural (Incluye pastizal-huizachal) con 102,716.22 ha, y en menor proporción se encuentran presentes las otras clases de vegetación y uso de suelo.

Tabla 9. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Babícora Casas Grandes

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	16,750.07
Agricultura de temporal	142,041.30
Área sin vegetación aparente	NA
Asentamiento humano	4,220.62
Bosque bajo-abierto	59,560.72
Bosque de encino	221,479.18
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	437.38
Bosque de pino	49,578.36
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	466,109.43
Bosque de táscate	21,554.79
Chaparral	14,562.66
Cuerpo de agua	1,767.84
Matorral desértico micrófilo	29,899.96
Matorral desértico rosetófilo	35,490.91
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	2,874.55
Mezquital (incluye huizachal)	9,326.57
Pastizal inducido	11,246.87
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	102,716.22
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	NA
Vegetación de desiertos arenosos	23,471.64
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	2,778.26
Vegetación halófila y gipsófila	5,233.59
TOTAL	1,221,100.92

4.6.2.2. UMAFOR EL LARGO-MADERA

La Unidad de Manejo Forestal El Largo-Madera cuenta con una extensión territorial total de 731,996.19 ha, dentro de su terreno predominan las clases de vegetación arboladas como lo son: Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con 307,394.46 ha, seguido de Bosque de encino con 230,554.99 ha y Bosque de pino con 92,340.63 ha, estas 3 clases constituyen cerca del 90% de la superficie total de su terreno. Le siguen en importancia la Agricultura de riesgo (incluye riego eventual) con 31,125 ha y la Selva baja caducifolia y subcaducifolia con 21,860.601 ha.

Tabla 10. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR El Largo-Madera

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	31,125.09
Agricultura de temporal	13,823.41
Área sin vegetación aparente	NA
Asentamiento humano	2,642.59
Bosque bajo-abierto	1,113.02
Bosque de encino	230,554.99
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	280.29
Bosque de pino	92,340.63
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	307,394.46
Bosque de táscate	4,602.49
Chaparral	3,438.47
Cuerpo de agua	204.05
Matorral desértico micrófilo	5.35
Matorral desértico rosetófilo	65.65
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	7,891.97
Mezquital (incluye huizachal)	NA
Pastizal inducido	9,887.02
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	2,421.77
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	21,860.61
Vegetación de desiertos arenosos	NA
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	2,344.34
Vegetación halófila y gipsófila	NA
TOTAL	731,996.19

4.6.2.3. UMAFOR OCCIDENTE DE CHIHUAHUA

La Unidad de Manejo Forestal Occidente de Chihuahua se encuentra en la parte Oeste del estado de Chihuahua y su extensión territorial total es de 1,187,122.13 ha en la cual se encuentran presentes 20 clases de vegetación, que se distribuyen de la siguiente manera: predomina el Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con 524,841.83 ha, seguido de Bosque de pino con 176,693.16 ha, Selva baja caducifolia y subcaducifolia con 166,421.56 ha, Bosque de encino con 159,634.68 ha, luego agricultura de temporal, pastizal inducido y agricultura de riego (incluye riego eventual) con 59,600.31 ha, 25,979.28 ha y 24,214.68 ha respectivamente.

Tabla 11. Cobertura total que representa cada clase de vegetación y uso de suelo dentro de la UMAFOR Occidente de Chihuahua

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	24,214.68
Agricultura de temporal	59,600.31
Área sin vegetación aparente	100.04
Asentamiento humano	2,756.65
Bosque bajo-abierto	21,201.71
Bosque de encino	159,634.68
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	1,855.99
Bosque de pino	176,693.16
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	524,841.83
Bosque de táscate	408.19
Chaparral	13,311.21
Cuerpo de agua	639.99
Matorral desértico micrófilo	1,390.70
Matorral desértico rosetófilo	115.12
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	654.55
Mezquital (incluye huizachal)	45.21
Pastizal inducido	25,979.28
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	2,816.66
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	166,421.56
Vegetación de desiertos arenosos	NA
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	4,440.61
Vegetación halófila y gipsófila	NA
TOTAL	1,187,122.13

4.6.2.4. UMAFOR BAJA TARAHUMARA

La extensión territorial total de la Unidad de Manejo Forestal Baja Tarahumara es de 679,587.65 ha, dentro de la cual se distribuyen 14 clases de vegetación, las predominantes son: Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con una superficie de 306,726.54 ha, seguido de la Selva baja caducifolia y subcaducifolia con 139,431.26 ha, Bosque de encino con 89,217.08 ha y Bosque de Pino con 72,391.72 ha. La Agricultura de Temporal abarca una superficie de 11,452.09 ha y la Agricultura de Riego solamente 52.03 ha, y en diferentes proporciones se encuentran distribuidas otras clases de vegetación.

Tabla 12. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Baja Tarahumara

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	52.03
Agricultura de temporal	11,452.09
Área sin vegetación aparente	46.43
Asentamiento humano	1,007.33
Bosque bajo-abierto	29.65
Bosque de encino	89,217.08
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	28.09
Bosque de pino	72,391.72
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	306,726.54
Bosque de táscate	NA
Chaparral	272.79
Cuerpo de agua	NA
Matorral desértico micrófilo	NA
Matorral desértico rosetófilo	NA
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	NA
Mezquital (incluye huizachal)	NA
Pastizal inducido	56,853.17
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	596.46
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	139,431.26
Vegetación de desiertos arenosos	NA
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	1,483.00
Vegetación halófila y gipsófila	NA
TOTAL	679,587.65

4.6.2.5. UMAFOR SAN JUANITO

La Unidad de Manejo Forestal San Juanito se encuentra al Oeste del estado de Chihuahua en una fracción de la Sierra Madre Occidental en lo que se conoce como Sierra Tarahumara, territorialmente comprende parte de los municipios de Bocoyna, Carichí, Guerrero, Mahuarichi, Guachochi, Uruachi, Urique, Nonoava, Cusihuirachi, San Francisco de Borja y Cuauhtémoc, cubriendo una superficie total de 1,031,760.36 ha. Las clases de vegetación más representativas de esta UMAFOR son: Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con 359,563.89 ha y Bosque de pino con 319,709.06 ha, seguido de Agricultura de temporal con 135,449.06 ha.

Tabla 13. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR San Juanito

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	5,176.82
Agricultura de temporal	135,449.06
Área sin vegetación aparente	279.60
Asentamiento humano	2,567.19
Bosque bajo-abierto	12,612.00
Bosque de encino	53,644.27
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	39,141.02
Bosque de pino	319,709.06
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	359,563.89
Bosque de táscate	506.94
Chaparral	52,328.52
Cuerpo de agua	583.76
Matorral desértico micrófilo	1,700.73
Matorral desértico rosetófilo	497.47
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	1,177.34
Mezquital (incluye huizachal)	219.04
Pastizal inducido	23,898.09
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	17,167.92
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	5,407.31
Vegetación de desiertos arenosos	NA
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	130.34
Vegetación halófila y gipsófila	NA
TOTAL	1,031,760.36

4.6.2.6. UMAFOR MORELOS

La Unidad de Manejo Forestal Morelos se encuentra en la parte Suroeste del estado de Chihuahua abarcando el municipio de Morelos y parte de los de Batopilas, Urique, Guadalupe y Calvo, y Guachochi; en total tiene una superficie territorial de 390,875.00 ha; colinda con otras UMAFORES de la siguiente manera: hacia el Noroeste con la “Baja Tarahumara”, al Este con la de “Guachochi” y al Sur con la de “Guadalupe y Calvo”.

El uso de suelo de esta UMAFOR está representado por 10 de los diferentes tipos de clases de vegetación; con una predominancia de la Selva baja caducifolia y subcaducifolia con 165,849.10 ha, seguido de Bosque de pino con 86,962.85 ha, Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con 82,848.56 ha, luego Bosque de encino con 35,002.27 ha, Pastizal inducido con 14,996.13 ha, Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal) con 3,627.65 ha y una pequeña superficie de solo 263.87 ha de Bosque bajo-abierto.

Tabla 14. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Morelos

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	NA
Agricultura de temporal	897.82
Área sin vegetación aparente	NA
Asentamiento humano	459.66
Bosque bajo-abierto	263.87
Bosque de encino	35,002.27
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	NA
Bosque de pino	86,962.85
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	82,848.56
Bosque de táscate	NA
Chaparral	14.35
Cuerpo de agua	NA
Matorral desértico micrófilo	NA
Matorral desértico rosetófilo	NA
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	NA
Mezquital (incluye huizachal)	NA
Pastizal inducido	14,996.13
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	3,627.65
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	165,849.10
Vegetación de desiertos arenosos	NA
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	NA
Vegetación halófila y gipsófila	NA
TOTAL	390,922.25

4.6.2.7. UMAFOR GUACHOCHI

La Unidad de Manejo Forestal Guachochi cuenta con una extensión territorial total de 953,524.72 ha, esta superficie cuenta con la presencia de 15 clases de vegetación, dentro de esta UMAFOR predomina del Bosque de pino con 386,190.71 ha, seguido de Bosque de oyamel (Incluye ayarín y cedro) con 105,097.40 ha, estas 2 clases en conjunto representan el 51% de la cobertura del terreno. Algunas de las otras clases contribuyen en menor proporción: Chaparral con 92,172.26 ha, Bosque de encino con 77,039.29 ha, Selva baja caducifolia y subcaducifolia con 30,306.01 ha, Bosque bajoabierto con 24,662.47 ha y Áreas sin vegetación aparente con 2,507.91 ha.

Tabla 15. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Guachochi

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	NA
Agricultura de temporal	59,778.62
Área sin vegetación aparente	2,507.91
Asentamiento humano	1,040.43
Bosque bajoabierto	24,662.47
Bosque de encino	77,039.29
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	105,097.40
Bosque de pino	386,190.71
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	94,640.78
Bosque de táscate	NA
Chaparral	92,172.26
Cuerpo de agua	49.99
Matorral desértico micrófilo	95.28
Matorral desértico rosetófilo	NA
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	540.66
Mezquital (incluye huizachal)	NA
Pastizal inducido	50,331.71
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	29,071.18
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	30,306.01
Vegetación de desiertos arenosos	NA
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	NA
Vegetación halófila y gipsófila	NA
TOTAL	953,524.72

4.6.2.8. UMAFOR GUADALUPE Y CALVO

Esta UMAFOR comprende el municipio de Guadalupe y Calvo con una superficie de 921,777.15 ha. Se ubica en la parte Sur del estado, y limita con los municipios de Morelos, Guachochi, Balleza y con los estados de Sinaloa y Durango.

Las principales clases de vegetación de esta UMAFOR son las clases arboladas y se distribuyen de la siguiente manera: Bosques de pino con 452,505.53 ha, Bosques de Pino-encino (incluye encino-pino) con 174,144.98 ha, Bosques de encino con 102,397.73 ha y Selva baja caducifolia con 67,694.17 ha, en conjunto estas 4 clases ocupan cerca del 90% de la superficie total de la UMAFOR, el resto está representado por otras 8 clases de vegetación en menor superficie.

Tabla 16. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Guadalupe y Calvo

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	NA
Agricultura de temporal	27,907.24
Área sin vegetación aparente	4.64
Asentamiento humano	1,254.17
Bosque bajo-abierto	1,393.61
Bosque de encino	102,397.73
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	9,481.44
Bosque de pino	452,505.53
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	174,144.98
Bosque de táscate	NA
Chaparral	49,379.56
Cuerpo de agua	NA
Matorral desértico micrófilo	NA
Matorral desértico rosetófilo	NA
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	NA
Mezquital (incluye huizachal)	NA
Pastizal inducido	29,213.38
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	6,370.25
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	67,694.17
Vegetación de desiertos arenosos	NA
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	NA
Vegetación halófila y gipsófila	NA
TOTAL	921,746.69

4.6.2.9. UMAFOR BALLEZA

La UMAFOR Balleza comprende una superficie total de 663,942.66 ha y se conforma de distintas clases de vegetación, la más abundante es Pastizal natural (Incluye pastizal-huizachal) que abarca una superficie de 148,809.52 ha, seguido de Bosque de pino con 134,088.11 ha, Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con 73,315.24 ha, y ocupando menos del 1% de la superficie total de esta UMAFOR se encuentran las siguientes clases de vegetación: Agricultura de riego (incluye riego eventual), Bosque de táscate, Asentamiento humano, Chaparral, Cuerpos de agua, Áreas sin vegetación aparente, Vegetación de galería y Selva baja caducifolia y subcaducifolia.

Tabla 17. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Balleza

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	1,921.94
Agricultura de temporal	38,078.34
Área sin vegetación aparente	20.75
Asentamiento humano	1,091.02
Bosque bajo-abierto	64,424.11
Bosque de encino	59,406.04
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	62,745.61
Bosque de pino	134,088.11
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	73,315.24
Bosque de táscate	1,385.86
Chaparral	429.73
Cuerpo de agua	348.08
Matorral desértico micrófilo	17,250.43
Matorral desértico rosetófilo	7,785.86
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	5,928.81
Mezquital (incluye huizachal)	8,377.10
Pastizal inducido	15,813.66
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	148,809.52
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	16.67
Vegetación de desiertos arenosos	13,614.11
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	19.23
Vegetación halófila y gipsófila	9,072.45
TOTAL	663,942.66

4.6.2.10. UMAFOR CUENCA RIO SANTA MARÍA

La Unidad de Manejo Forestal Cuenca Rio Santa María se localiza en la parte noreste del estado, y comprende partes de los municipios de Buenaventura, Ignacio Zaragoza, Namiquipa, Temósachi, Riva Palacio, Gómez Farías, Matachí, Guerrero, Cuauhtémoc y completamente al municipio de Bachíniva, colinda con 5 UMAFORES; Semidesierto norte, Centro, San Juanito, Babícora y Occidente, y cuenta con una superficie de 943,186.05 ha.

El uso de suelo de su terreno está representado por 19 diferentes tipos de clases de vegetación. El Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) es el que predomina ocupando 413,815.92 ha de la superficie, seguido de Agricultura de temporal con 286,709.71 ha, Bosque bajo-abierto con 89,723.00 ha. Las clases de vegetación que ocupan menos superficie son: Pastizal inducido, Cuerpos de agua, Bosque de pino, Mezquital (incluye huizachal) y Chaparral ocupando entre estas 5 solamente 2,301.33 ha (menos del 1%).

Tabla 18. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Cuenca Rio Santa María

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	6,416.82
Agricultura de temporal	286,709.71
Área sin vegetación aparente	NA
Asentamiento humano	9,227.21
Bosque bajo-abierto	89,723.00
Bosque de encino	24,273.68
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	NA
Bosque de pino	395.42
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	413,815.92
Bosque de táscate	1,658.97
Chaparral	25.15
Cuerpo de agua	810.99
Matorral desértico micrófilo	6,069.20
Matorral desértico rosetófilo	9,633.11
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	14,988.66
Mezquital (incluye huizachal)	26.44
Pastizal inducido	1,043.33
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	55,922.90
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	NA
Vegetación de desiertos arenosos	10,919.68
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	2,146.99
Vegetación halófila y gipsófila	9,378.88
TOTAL	943,186.05

4.6.2.11. UMAFOR CENTRO-NORTE

La Unidad de Manejo Forestal Centro Norte se encuentra en la parte central del estado de Chihuahua, tiene una superficie territorial de 1,482,309.02 ha que ocupan parte de los siguientes municipios: Chihuahua, Riva palacio, San francisco de borja, Namiquipa, Cuauhtémoc, Cusihuirachi, Belisario Domínguez, Buenaventura, Satevó, General trias, Gran morelos, Nonoava y Carichí; colinda con otras UMAFORES del estado de Chihuahua de la siguiente manera: Al Este con la “Semidesierto Centro Norte”, al Norte con “Semidesierto Norte”, al Oeste con “La Cuenca Santa María” y “ San Juanito”, al Sur con la de “Guachochi”, y al Sureste con “Semidesierto Sur”.

Se determinaron 20 tipos diferentes de clases de vegetación, de las cuales 5 son las que tienen mayor predominancia; Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con 340,260.93 ha, seguido de Agricultura de temporal con 321,562.01 ha, Pastizal natural (Incluye pastizal-huizachal) con 222,404.20 ha, luego Bosque bajo-abierto con 154,734.17 ha y por último Bosque de encino con 152,914.01 ha. En conjunto estas 5 clases ocupan el 80% de la superficie total de la UMAFOR. Las demás clases presentes se distribuyen en diferente proporción.

Tabla 19. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Centro-Norte

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	636.73
Agricultura de temporal	321,562.01
Área sin vegetación aparente	70.81
Asentamiento humano	15,337.62
Bosque bajo-abierto	154,734.17
Bosque de encino	152,914.01
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	NA
Bosque de pino	3,820.49
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	340,260.93
Bosque de táscate	4,527.56
Chaparral	400.93
Cuerpo de agua	10,163.36
Matorral desértico micrófilo	43,139.09
Matorral desértico rosetófilo	62,850.03
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	21,637.54
Mezquital (incluye huizachal)	2,967.66
Pastizal inducido	29,040.78
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	222,404.20
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	NA
Vegetación de desiertos arenosos	52,548.88
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	4,035.92
Vegetación halófila y gipsófila	39,256.31
TOTAL	1,482,309.02

4.6.2.12. UMAFOR SEMIDESIERTO NORTE

La Unidad de Manejo Forestal Semidesierto Norte se localiza en el extremo norte del estado de Chihuahua, forma parte de la región conocida como desierto Chihuahuense, abarcando en forma completa o parcial los municipios de Ascensión, Ahumada, Buenaventura, Casas Grandes, Galeana, Guadalupe D. Bravo, Janos, Juárez, Nuevo Casas Grandes y Praxedis G. Guerrero; tiene una extensión territorial de 4,805,534.29 ha, colinda con las siguientes UMAFORES; al suroeste con la de Babícora, al sur con la de Cuenca de Santa María y Centro de Chihuahua y al sureste con la Semidesierto Centro Norte.

De acuerdo al uso de suelo y vegetación en la UMAFOR las 4 principales clases de cobertura corresponde a Vegetación de desiertos arenosos con 836,368.29 ha, seguido de Vegetación halófila y gypsófila con 786,972.90 ha, Matorral desértico micrófilo con 781,690.06 ha, y por último el Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal) con 766,861.37 ha, en conjunto estas 4 clases de vegetación conforman la mayor parte del terreno (cerca del 70%); enseguida destacan por su cobertura el Mezquital con 491,424.64 ha, el Matorral desértico rosetófilo con 448,294.61 ha y la agricultura de riego (incluye riego eventual) con 305,604.51 ha.

Tabla 20. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Semidesierto Norte

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	305,604.51
Agricultura de temporal	86,426.67
Área sin vegetación aparente	7,315.24
Asentamiento humano	47,380.61
Bosque bajo-abierto	85,167.21
Bosque de encino	88,587.33
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	NA
Bosque de pino	9,289.27
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	19,082.89
Bosque de táscate	NA
Chaparral	8,561.70
Cuerpo de agua	608.98
Matorral desértico micrófilo	781,690.06
Matorral desértico rosetófilo	448,294.61
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	6,210.60
Mezquital (incluye huizachal)	491,424.64
Pastizal inducido	27,686.01
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	766,861.37
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	NA
Vegetación de desiertos arenosos	836,368.29
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	14,631.16
Vegetación halófila y gipsófila	786,972.90
TOTAL	4,818,164.06

4.6.2.13. UMAFOR ZONA NORTE-CENTRO

La Unidad de Manejo Forestal Zona Norte Centro se localiza en la porción Noreste del estado de Chihuahua, forma parte de la región conocida como desierto Chihuahuense, abarcando en forma completa o parcial los municipios de Ahumada, Aldama, Aquiles Serdán, Chihuahua, Coyame, Guadalupe D. Bravos, Manuel Benavides, Ojinaga, Rosales, Julimes, Camargo, Buenaventura, Satevó, Namiquipa, General Trías, Meoquí, Delicias y Saucillo; tiene una extensión territorial de 4, 749,995.08 ha, geográficamente limita al Este con la frontera de los EUA y el estado de Coahuila, dentro del estado de Chihuahua colinda con las siguientes UMAFORES: al Sur con la “Asociación de

Silvicultores del Semidesierto Sur”, al Oeste con la “Unidad de Manejo Forestal Centro Norte”, y al Norte con “Asociación Regional de Silvicultores del Semidesierto Norte”.

El uso de suelo en esta UMAFOR está representado por 19 de los diferentes tipos de clases de vegetación. La clase predominante es Matorral desértico micrófilo que ocupa 1,065,293.22 ha, seguido de Matorral desértico rosetófilo el cual también ocupa otra extensa parte de la superficie con 868,943.11 ha, luego Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal) con 828,141.81 ha y Vegetación halófila y gipsófila con 685,791.47 ha. Dentro de la agricultura tenemos la Agricultura de temporal con 209,271.08 y Agricultura de riego (incluye riego eventual) con 97,249.74 ha. Las demás clases están representadas en menor proporción dentro de la UMAFOR.

Tabla 21. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Zona Norte-Centro

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	97,249.74
Agricultura de temporal	209,271.08
Área sin vegetación aparente	666.46
Asentamiento humano	31,230.33
Bosque bajo-abierto	1,302.67
Bosque de encino	29,446.84
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	NA
Bosque de pino	5,386.55
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	18,574.94
Bosque de táscate	NA
Chaparral	15,339.65
Cuerpo de agua	6,662.34
Matorral desértico micrófilo	1,065,293.22
Matorral desértico rosetófilo	868,943.11
Matorral submontano	NA
Matorral subtropical	35,602.04
Mezquital (incluye huizachal)	137,896.92
Pastizal inducido	25,922.92
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	828,141.81
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	NA
Vegetación de desiertos arenosos	661,837.09
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	25,669.00
Vegetación halófila y gipsófila	685,791.47
TOTAL	4,750,228.18

4.6.2.14. UMAFOR SEMIDESIERTO SUR

La Unidad de Manejo Forestal se localiza hacia el sureste del estado de Chihuahua, tiene una superficie territorial de 4,952,164.44 ha que ocupan parte de los siguientes municipios: Camargo, Jiménez, Julimes, Saucillo, Valle de Zaragoza, Satevó, Allende, Hidalgo del Parral, Coronado, López, Matamoros, La cruz, San Francisco de Conchos, Rosario, Delicias, Meoquí, Santa Bárbara, Rosales, Ojinaga, Chihuahua, Huejotitán y Nonoava; colinda con las siguientes UMAFORES: al norte con la “Semidesierto Norte-Centro”, al este con la “Centro-Norte” y “Balleza”.

La biodiversidad se manifiesta con la presencia de 21 de los tipos de vegetación, entre las más importantes el Matorral desértico micrófilo con 1,190,893.56 ha de la superficie, seguido de Matorral desértico rosetófilo con 825,286.78 ha, Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal) con 808,204.41 ha, Vegetación halófila y gypsófila con 556,880.94 ha, Vegetación de desiertos arenosos con 480,058.56 ha, estos cinco tipos de vegetación ocupan cerca del 80% de la superficie.

Tabla 22. Cobertura total que representa cada clase de uso de suelo y vegetación en la UMAFOR Semidesierto Sur

CLASE	HECTAREAS
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	203,348.30
Agricultura de temporal	311,199.64
Área sin vegetación aparente	8,255.49
Asentamiento humano	20,119.68
Bosque bajo-abierto	102,804.69
Bosque de encino	24,716.42
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	NA
Bosque de pino	2,243.71
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	17,679.50
Bosque de táscate	1,523.36
Chaparral	27,274.05
Cuerpo de agua	13,111.98
Matorral desértico micrófilo	1,190,893.56
Matorral desértico rosetófilo	825,286.78
Matorral submontano	132.85
Matorral subtropical	49,181.38
Mezquital (incluye huizachal)	263,893.39
Pastizal inducido	33,765.78
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	808,204.41
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	NA
Vegetación de desiertos arenosos	480,058.56
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	11,589.94
Vegetación halófila y gipsófila	556,880.94
TOTAL	4,952,164.44

4.6.3. COBERTURA TOTAL ESTATAL DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES DE INTERÉS COMERCIAL

Se determinó que la distribución potencial en el territorio estatal de especies vegetales de interés comercial comprende 3,878,552.77 ha., comprendiendo las siguientes especies:

- Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*).
- Lechuguilla (*Agave lechuguilla*).
- Mezquite (*Prosopis glandulosa*).
- Orégano (*Lippia sp.*).
- Sotol (*Dasyllirion leiophyllum*).

El mezquite (*Prosopis glandulosa*) cuenta con la mayor cobertura de las especies abarcando 3,388,767.29 ha, seguido de la Lechuguilla (*Agave lechuguilla*) con 269,263.04 ha, Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) con 115,977.49 ha, Orégano (*Lippia sp.*) con 57,802.57 ha y Sotol (*Dasyllirion leiophyllum*) con 46,742.38 ha.

Tabla 23. Distribución potencial de especies de interés comercial en el Estado de Chihuahua

CLASE	HECTAREAS
Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>)	115,977.49
Lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i>)	269,263.04
Mezquite (<i>Prosopis glandulosa</i>)	3,388,767.29
Orégano (<i>Lippia sp.</i>)	57,802.57
Sotol (<i>Dasyllirion leiophyllum</i>)	46,742.38
TOTAL	3,878,552.77

4.6.4. COBERTURA POR UMAFOR DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES VEGETALES DE INTERÉS COMERCIAL

4.6.4.1. UMAFOR BABÍCORA CASAS GRANDES

En la Unidad de Manejo Forestal Babícora Casas Grandes se determina la distribución potencial únicamente del Mezquite (*Prosopis glandulosa*) con una cobertura de 1,920.82 ha.

Tabla 24. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Babícora Casas Grandes

CLASE	HECTAREAS
Mezquite (<i>Prosopis glandulosa</i>)	1,920.82

4.6.4.2. UMAFOR CUENCA RIO SANTA MARÍA

En la Unidad de Manejo Forestal Cuenca Rio Santa María se determina la distribución potencial del Mezquite (*Prosopis glandulosa*) con una cobertura de 524.55 ha.

Tabla 25. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Cuenca Rio Santa María

CLASE	HECTAREAS
Mezquite (<i>Prosopis glandulosa</i>)	524.55

4.6.4.3. UMAFOR SEMIDESIERTO NORTE

En la Unidad de Manejo Forestal Semidesierto Norte se determina la distribución potencial del Mezquite (*Prosopis glandulosa*) es la que presente mayor cobertura dentro del terreno abarcando 1,226,002.16 ha, seguida de la Lechuguilla (*Agave lechuguilla*) ocupando 105,438.83 ha, luego la Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) con 34,434.61 ha y por último el Sotol (*Dasyliirion leiophyllum*) con 17,416.26 ha.

Tabla 26. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Semidesierto Norte

CLASE	HECTAREAS
Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>)	34,434.61
Lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i>)	105,438.83
Mezquite (<i>Prosopis glandulosa</i>)	1,226,002.16
Sotol (<i>Dasyliirion leiophyllum</i>)	17,416.26

4.6.4.4. UMAFOR CENTRO-NORTE

En la Unidad de Manejo Forestal Centro-Norte se determina la distribución potencial del Mezquite (*Prosopis glandulosa*) con una cobertura de 10,480.75 ha.

Tabla 27. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Centro-Norte

CLASE	HECTAREAS
Mezquite (<i>Prosopis glandulosa</i>)	10,480.75

4.6.4.5. UMAFOR ZONA NORTE-CENTRO

En la Unidad de Manejo Forestal Zona Norte-Centro se determina la distribución potencial de las siguientes especies de interés comercial; el Mezquite (*Prosopis glandulosa*) es la que presente mayor cobertura dentro del terreno abarcando 1,114,484.48 ha, seguida de la Lechuguilla (*Agave lechuguilla*) ocupando 115,006.94 ha, seguida de la Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) con 60,121.32 ha y por último el Sotol (*Dasylium leiophyllum*) con 26,325.77 ha.

Tabla 28. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Zona Norte-Centro

CLASE	HECTAREAS
Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>)	60,121.32
Lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i>)	115,006.94
Mezquite (<i>Prosopis glandulosa</i>)	1,114,484.48
Sotol (<i>Dasylium leiophyllum</i>)	26,325.77

4.6.4.6. UMAFOR SEMIDESIERTO SUR

En la Unidad de Manejo Forestal Semidesierto Sur se determina la distribución potencial del Mezquite (*Prosopis glandulosa*) abarcando 1,035,354.53 ha, seguida del Orégano (*Lippia sp.*) ocupando 57,802.57 ha, Lechuguilla (*Agave lechuguilla*) con 48,817.27 ha, luego la Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) con 21,421.56 ha y por último el Sotol (*Dasylium leiophyllum*) con 3,000.35 ha.

Tabla 29. Distribución potencial de especies de interés comercial en la UMAFOR Semidesierto Sur

CLASE	HECTAREAS
Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>)	21,421.56
Lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i>)	48,817.27
Mezquite (<i>Prosopis glandulosa</i>)	1,035,354.53
Orégano (<i>Lippia sp.</i>)	57,802.57
Sotol (<i>Dasylium leiophyllum</i>)	3,000.35

4) PERSONAL INVOLUCRADO

ASESOR EN GEOMÁTICA: M.C. DANIEL NÚÑEZ

Egresado de la Licenciatura en Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango, con estudios de Maestría en Ciencias Forestales cursados en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Especialista en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica y de Teledetección orientado a la evaluación de recursos naturales. Incorporado desde el 2001 en el Centro de Investigación Sobre Sequía del Instituto de Ecología A.C. en donde desarrolló proyectos de investigación orientados a la determinación del riesgo espacial de incendios forestales en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua, así como la implementación de un sistema de monitoreo de sequía meteorológica para el Estado de Chihuahua y norte de México. Cuenta con artículos arbitrados nacionales e internacionales, capítulos de libros y ha contribuido con la asesoría de estudiantes de licenciatura y posgrado. Actualmente es candidato a obtener el grado de Doctorado en Ciencias con especialidad en manejo de Recursos Naturales en Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

ASESOR EN ESTADÍSTICA Y ZONAS ÁRIDAS: DR. MARTÍN MARTÍNEZ

Doctor en ciencias en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, especializado en ecología forestal y manejo de recursos de zonas áridas. Líneas de investigación en geomática, autoecología y sinecología de comunidades forestales. Investigador nacional miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

ASESOR FORESTAL: M.C. JESÚS SÁENZ ARAGÓN

Maestría En Ciencias Forestales y Candidato a Doctor En Manejo De Recursos Naturales. Formación profesional en manejo forestal UCODEFO 5 San Juanito Creel. Colaborador en el departamento de fotointerpretación forestal en el INF. Experiencia en diferentes proyectos forestales en INIFAP. Maestro De tiempo completo en las disciplinas de ecología forestal y percepción remota. Colaborador de proyectos relacionados con el manejo de recursos naturales en la Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.

ASESOR EN TAXONOMÍA BOTÁNICA: M.C. GUSTAVO QUINTANA

Maestro Investigador de tiempo completo con grado de Maestría en Ciencias. Ha publicado 3 manuales, 2 libros, 11 memorias, 10 reconocimientos como maestro e investigador, 32 tesis dirigidas a nivel licenciatura y posgrado, 6 publicaciones de material didáctico, responsable del equipo del concurso de la Soc. forRange Management de identificación de plantas (3 años consecutivos 4to. lugar), cursos impartidos: Botánica Sistemática, Agrostología, Biodiversidad, Sistemática Animal, Fauna Silvestre.

ASESOR EN SIG: GABRIEL FLORES ZUBIATE

Especialista en el procesamiento de imágenes de satélite, Sistemas de Información Geográfica, experiencia en el manejo, generación y procesamiento de cartografía digital, análisis estadísticos de bases de datos. Pasante de Ingeniero de Ecología con formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, por parte de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

SUPERVISOR GIS: ING. MARÍA CONCEPCIÓN MORALES CHÁVEZ.

Ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, 90% de inglés, con experiencia en el manejo de Áreas Naturales Protegidas, experiencia en gestión ambiental, manejo de Sistemas de Información Geográfica (ArcView, IDRISI, PCI Geomatics).

CARTOGRAFÍA: ING. DANIELA ROSE ZAÑUDO.

Ingeniero en Sistemas Topográficos con formación laboral en Sistemas de Información Geográfica (Arc map, Civil CAD, Arc View), experiencia en la elaboración y procesamiento de cartografía, análisis estadísticos de bases de datos, experiencia en trabajo de campo, conocimientos a nivel usuario de equipos: GPS navegador, Estación Total Topcon. Manejo de SIG.

CARTOGRAFÍA: DIEGO ALBERTO MORALES GÓMEZ

Pasante de Ingeniero en Ecología, formación profesional en manejo de ecosistemas urbanos, experiencia en el manejo de los SIG ARCMAP E IDRISI.

CARTOGRAFÍA: LLUVIA GABRIELA SOSA VENEGAS

Pasante de Ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, conocimientos en el área de seguridad e higiene industrial.

CARTOGRAFÍA: ALISHA EVANGELINA CATALANO

Pasante de Ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, conocimientos en el área de seguridad e higiene industrial.

SUPERVISOR DE CAMPO: ING. IRVING FILIBERTO REZA MORENO

Ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, experiencia en proyectos de gestión ambiental, caracterización y conservación de flora, muestreo de aguas.

SUPERVISOR DE CAMPO: ING. NORMA PAOLETT LOYA OLIVAS

Ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, con experiencia en monitoreo de aves, en caracterización de vegetación en zonas desérticas y monitoreo de aguas, ha participado en proyectos de conservación de humedales, manejo de Sistemas de Información Geográfica (ArcView, ArcMap).

INVESTIGADOR DE CAMPO: ING. EDGAR ADRIÁN ROMERO BECERRA

Ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, experiencia en proyectos de gestión ambiental, caracterización y conservación de flora, manejo de Sistemas de Información Geográfica (ArcView, Auto CAD).

INVESTIGADOR DE CAMPO: LEONARDO CAMPOS QUINTERO.

Pasante de Ingeniero en Ecología, bilingüe, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, con experiencia en el campo de taxonomía botánica, ha participado en proyectos de conservación de suelo y agua, manejo de Sistemas de Información Geográfica (ArcView, IDRISI, Auto CAD).

INVESTIGADOR DE CAMPO: JAIME ARTURO PORRAS MALDONADO.

Pasante de ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, experiencia en muestreos de vegetación en campo, manejo de Sistemas de Información Geográfica (ArcView, IDRISI, Auto CAD).

INVESTIGADOR DE CAMPO: EDWIN STEVE LUNA MARTÍNEZ

Pasante de Ingeniero en Ecología, formación profesional en el manejo de recursos naturales, ha participado en proyectos de evaluación de impacto ambiental, determinación de residuos en el basurero de Hgo. de Parral, Chih., con experiencia en el monitoreo de venado en Unidad de Manejo Animal.

INVESTIGADOR DE CAMPO: CELIA YVETTE ADRIANA CARRASCO MACÍAS

Pasante de Ingeniero en Ecología, uso de técnicas de diagnóstico, monitoreo y control para solución de problemas ambientales, amplia experiencia en campo, ha participado en proyectos en los que se ha puesto en práctica los diferentes métodos de medición y determinación de flora así como el criterio ambiental adquirido en la Facultad de Zootecnia y Ecología.

COORDINADOR SIG: ING. OMAR CHACÓN ÁVILA

Ingeniero en Sistemas, especialista en diseño de Sistemas de Información Geográfica (GIS), gestión y ejecutando proyectos de elaboración y actualización de cartografía, instructor de herramientas de CAD/CAM y geoespaciales, amplia experiencia en el manejo de aplicaciones ESRI, PCI Geomatics, ERDAS, Idrisi y Autocad.

COORDINADOR ADMINISTRATIVO: GUADALUPE JANNET TREVIZO PRIETO

Pasante de Ingeniero en Ecología, experiencia en el uso de técnicas de diagnóstico, monitoreo y control para solución de problemas ambientales, ha participado en proyectos de métodos de medición y determinación de flora así como el criterio ambiental adquirido en la Facultad de Zootecnia y Ecología.

COORDINADOR GENERAL: RUBÉN TEJEDA NAVARRETE

Director General y Administrador Único de la compañía Stock Informático SA de CV, cuenta con 20 años de experiencia en la integración de Tecnologías de Información a lo largo del país, para el sector público, educativo y la iniciativa privada. Presidente de la Asociación de Distribuidores de Informática y Comunicaciones del Estado de Chihuahua en el periodo 2003-2004. Instructor de programas de Liderazgo y Comunicación en gran parte de la República Mexicana para la compañía Crecimiento y Desarrollo Integral, SC. Pasante de Ingeniero de Ecología con formación profesional en el manejo de recursos naturales y ecosistemas urbanos, por parte de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, cuenta con estudios en Sistemas de Información en el ITESM, Derecho en la Universidad Autónoma de Chihuahua e inglés en *El Paso Community College*.

TRABAJOS CITADOS

Chander G., H. D. L. M. B. L. D. J. D. K. E. T. K. J. M. E. y. T. A. R., 2004. *Lansat-5 TM Reflective-Band Absolute Radiométric Calibration*. *IEE Trans. Geosci. Remote Sensing*. s.l.:s.n.

Chuvieco, E., 1990. *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones Rialp, S.A. Madrid, España. 453 p.. s.l.:s.n.

CONABIO, 2008. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Monitoreo de Ecosistemas. Caso Michoacán*. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios_veg/doctos/tipos.html, s.l.: s.n.

CONAFOR, 2010. *Manual y procedimientos para muestro de campo*., s.l.: s.n.

Congalton, R. G., 1988 . *Using spatial autocorrelation analysis to explore errors in maps generated from remotely sensed data*. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* s.l.:s.n.

Estrada-Castillón, E. y. V.-Q. J. Á., 2010. *Flora del centro del estado de Chihuahua, México*., s.l.: Acta Botánica Mexicana.

Foody, G. M., 1992. *A fuzzy sets approach to the representation of vegetation continua from remotely sensed data: An example from lowland healt*. *Potogrametric Engineering and Remote Sensing*.. s.l.:s.n.

García, E., 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen*., D.F., s.l.: s.n.

INEGI, 1997. *Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación (vectorial). Serie II*., s.l.: s.n.

INEGI, 2001. *Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua*., Aguascalientes, México.: s.n.

INEGI, 2001. *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua*. Aguascalientes, México, s.l.: s.n.

INEGI, 2003. *Síntesis de Informaciín Geográfica del Estado de Chihuahua*, s.l.: s.n.

INEGI, 2003. *Síntesis de Información Geográfica de Chihuahua*, s.l.: s.n.

INEGI, 2005. *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Guía para la interpretación de la Cartografía del Uso de Suelo y Vegetación*., s.l.: s.n.

INEGI, 2010. *México en Cifras. Información Nacional por Entidad Federativa y Municipios*, s.l.: s.n.

Lebgue Toutcha, K. y. Q. M. G., 2010. *Cactáceas de Chihuahua. Tesoro estatal en peligro de extincion*. 1a ed. Chihuahua: s.n.

Lebgue, T. M. S. R. S., 2005. La flora de las Barrancas del Cobre, Chihuahua. *Ecología Aplicada*, pp. 17-23.

Leopold, A. S., 1950. *Vegetation zones of México*. *Ecology*. s.l.:s.n.

LeSueur, H., 1945. *The ecology of the vegetation of Chihuahua, Mexico, north of the parallel twenty-eight.*, s.l.: University of Texas Publications.

LGDFS, 2012. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*, Mexico: s.n.

LSNIEG, 2008. *Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*. Aguascalientes, Mexico: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Martínez, S., 2012. *Patrones de distribución e indicadores de productividad de especies forestales de zonas áridas. Avances del proyecto. INIFAP. CONACYT – CONAFOR. Chihuahua, México.* s.l.:s.n.

Novak, K., 1992. "Rectification of digital imagery". In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. s.l.:s.n.

PACP-Ch., 2011. *Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de los pastizales del Desierto Chihuahuense en el Estado de Chihuahua 2011-2016*, Guzmán-Aranda, J.C., J. Hoth y E. Blanco (Eds.). Gobierno del Estado de Chihuahua, México. , s.l.: s.n.

Riaño D., J. S. E. C., et al., 2000. *Corrección atmosférica y topográfica multitemporal y auxiliar aplicadas a la cartografía de los modelos de Combustibles con imágenes Lansat-TM. Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible.*, s.l.: s.n.

Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México.*, México, D.F.: Limusa. .

Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*, s.l.: s.n.

Seemann, B. L. R. T. C., 1852-1857. *The botany of the voyage of H.M.S. Herald*, s.l.: London.

Shreve, F., 1939. *Observations on the vegetation of Chihuahua.*, s.l.: Madroño.

Sosa Manuel, G. J. L. L. T. S. R. P. S., 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la región árida del estado de Chihuahua, México. *Ecología Aplicada*, Issue Diciembre .