

GENERACIÓN Y MAPEO DE PARÁMETROS AMBIENTALES CON FINES DE EVALUACIÓN DE TIERRAS EN EL MUNICIPIO TORRES, ESTADO LARA, VENEZUELA

Onelia Andrade¹, Josué Briceño², Stefan Erasmi³, Martin Kappas³ y Jorge Unda⁴

RESUMEN

El uso combinado de sistemas de información geográfica, modelos digitales de elevación, sensores remotos, mapas analógicos y/o digitales, datos meteorológicos y visitas a campo es de utilidad en la generación de información y mapeo de parámetros ambientales y socioeconómicos. Esta información es necesaria al llevar a cabo una evaluación de tierras para agricultura de secano. El objetivo de este trabajo fue obtener los mapas digitales necesarios para hacer esta evaluación en el municipio Torres del estado Lara. Datos de estaciones meteorológicas, ecuaciones matemáticas y técnicas de interpolación fueron usados para mapear y definir cuatro demarcaciones climáticas en el área: semiárida, subhúmeda seca, subhúmeda húmeda y húmeda. Mapas fisiográficos fueron derivados de un modelo digital de elevación (DEM) del municipio, diferenciándose tres tipos de paisaje: montaña alta, montaña baja y “mísceláneo”. Atributos no espaciales de mapas de suelos y geología existentes fueron ampliados a través de información bibliográfica. Los mapas de hidrología y cobertura fueron generados a través de la digitalización de mapas analógicos y actualización de los mismos con una imagen Landsat. El mapa, tipo de uso de la tierra fue creado aplicando una encuesta a productores agrícolas del municipio. Como resultado de estos procedimientos, se logró generar la información y mapeo de parámetros ambientales y socioeconómicos del municipio Torres en el estado Lara, necesarios para realizar evaluaciones precisas de las tierras.

Palabras clave adicionales: Mapa, SIG, DEM, sensores remotos, modelo FAO

ABSTRACT

Generating and mapping of environmental parameters to make land evaluations in Torres Municipality, Lara State, Venezuela

Combined use of geographical information systems, digital elevation model, remote sensing, analogue and/or digital maps, meteorological data, and field visits, is useful in generating information and mapping of environmental and socioeconomics parameters. This information is necessary to achieve a land evaluation for rainfed agriculture. The objective of this work was to obtain the digital maps necessary to make this evaluation in Torres municipality of Lara state. Climatic data from meteorological stations, mathematic equations and interpolation techniques were used to map and define four climatic demarcations: semiarid, dry subhumid, humid subhumid, and humid. Physiographic maps were derived from a digital elevation model (DEM) of municipality, differencing three types of landscapes: high mountains, low mountains and “mísceláneo”. Non-spatial attributes to the spatial entities in the geological and soils map were enlarged through bibliographical information. Thematic maps of hydrology and covert were generated through digitization of analogue maps and brought up to date with an image Landsat. The map, land use type was obtained from a survey applied to farmers from municipality. As a result of these procedures, information and mapping of environmental and social parameters of Torres Municipality were generated, which can be very useful for accurate evaluation of lands.

Additional key words: Map, GIS, DEM, remote sensing, FAO model

Recibido: Mayo 12, 2009

Aceptado: Abril 1, 2010

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Yaracuy, Yaritagua. Apdo. 3203. Venezuela. e-mail: oneliaandrade@yahoo.es

² FUDECO. Apdo 3001. Barquisimeto. e-mail: josuebg2005@yahoo.com

³ George-August Universität-Göttingen. Apdo 37077. Alemania. e-mail: serasmi@uni-goettingen.de; mkappas@uni-goettingen.de

⁴ MPPA-Cabudare, estado Lara. Apdo 3023. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: jorge_luis_unda@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La Cuenca del río Tocuyo, con 1.721.000 ha, es el ecosistema hidrográfico más importante de la región Centro Occidental de Venezuela (Ferrer, 2003). Debido al deterioro de sus recursos naturales y al uso no siempre adecuado de la tierra, instituciones públicas y privadas relacionadas con la agricultura y con la protección del ambiente unieron esfuerzos para hacer un estudio de sus recursos naturales y lograr un desarrollo sostenible de la cuenca. La finalidad de este proyecto fue colectar, generar, analizar e interpretar información de aquellos recursos que permitan identificar y evaluar el uso de la tierra y su deterioro. Estos aspectos son importantes dentro de la evaluación de la tierra, especialmente para la agricultura de secano, modelo FAO, la cual evalúa la tierra como recurso y su aptitud para un uso específico (FAO, 1983). Dentro de la cuenca, el municipio Torres del estado Lara constituye la región de mayor superficie e importancia agrícola.

Para la evaluación de tierras es importante conocer la geología, el suelo, la fisiografía, el clima, la vegetación y el uso de la tierra, los cuales pueden ser mapeados para propósitos específicos (FAO, 1976). El uso combinado de sistemas de información geográfica (SIG), modelos digitales de elevación (DEM) y sensores remotos o teledetección juega un rol importante en el análisis exhaustivo de estos recursos naturales en la detección (directa o indirecta), mapeado, extrapolación, interpretación, cálculo de áreas y monitoreo (Chuvieco, 1996). Un SIG permite la entrada, edición, almacenaje, selección, transformación, análisis, despliegue o visualización e impresión de datos espaciales, mientras que DEM es una representación digital de la variación continua del relieve sobre el espacio (Burrough, 1986). Los sensores remotos son técnicas que permiten obtener información de un objeto, área o fenómeno a través de un sensor ubicado en un satélite en órbita (Chuvieco, 1996; Ferro y Warner, 2002).

Los SIG son herramientas indispensables para el análisis y la presentación de mapas en la evaluación de tierras, facilitando el almacenaje y análisis de un amplio rango de datos espaciales (FAO, 1996; Davidson, 2002). Bases de datos y programas de modelaje son ahora interfasados con SIG en orden de facilitar aspectos computarizados

de la evaluación de tierras, como la etapa de emparejamiento de los requerimientos potenciales del tipo de uso de la tierra con la cualidades de la tierra (Bouma, 1989). Ofrecen también flexibilidad para múltiples interpretaciones de los mismos datos de suelo y para la integración de otros datos (ambientales o no) a diferentes escalas y nivel de detalle (Basher, 1997).

En la evaluación de tierras el DEM es un producto extremadamente útil en un SIG, especialmente para evaluar erosión y proveer detalles fisiográficos (Mitas y Mitasova, 1998). Los productos derivados frecuentemente son mapas de pendiente, forma, aspecto u orientación del terreno, contorno, sombreado del relieve y la red y delineación de drenajes en la cuenca.

Con respecto a las imágenes de sensores remotos en la evaluación de la tierra, la aplicación más común es la clasificación de la cobertura de la tierra o mapa de uso de la tierra; no obstante, se usa también para identificar unidades de mapeo, generar y actualizar mapas sin idas a campo, monitorear y evaluar cultivos o recursos naturales o localizar puntos de interés en la evaluación (Barrett y Curtis, 1992; Chikaoui et al., 2005). La clasificación de la cobertura de la tierra puede separar diferentes usos de la tierra basándose en las características espectrales de la imagen multibanda. Esto es importante en la evaluación porque muchos usos dependen de la presencia o ausencia de cierta cobertura, pudiéndose a su vez diagnosticar la aptitud de la tierra.

El municipio Torres, ubicado dentro de la cuenca del río Tocuyo, al oeste del estado Lara, Venezuela, se encuentra en una excelente posición para aplicar estas tecnologías de análisis espacial en forma integrada con el propósito de hacer un inventario de los recursos naturales necesarios para la evaluación de tierras por medio del uso de metodologías aceptadas y estandarizadas internacionalmente.

El objetivo de esta investigación fue obtener mapas digitales de los parámetros ambientales del municipio Torres del estado Lara necesarios para hacer una evaluación de tierras basada en el modelo FAO u otro similar para agricultura de secano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio Torres está localizado entre

latitudes de 9°40' N a 10°34' N y longitudes de 69°36' W a 70°52' W, con un área de 6954 km².

Como fuente de datos espaciales se utilizó un modelo digital de elevación (DEM Seamless Data Server) y una imagen satelital Landsat-7ETM+ (WRS-2, 6/53) del 11/09/2000, ambos obtenidos del US Geological Survey (USGS). El sensor ETM+ registró información del espectro electromagnético de 8 bandas dentro de un rango de 0,45 a 12,5 μm, en su gran mayoría con una resolución de campo de 30 m.

Para pre-procesar, procesar y transferir los datos se utilizaron los paquetes estadísticos ENVI versión 4.3, ArcGis.9/ArcView.3.2a y MapInfo 5.5.

La generación de los mapas temáticos del municipio requirió de un pre-procesamiento de datos, para lo cual se usó el mapa del municipio según la Cartografía Nacional con sus límites político-administrativos, escala 1:100.000, como mapa base para elaborar los temáticos. El mismo fue digitalizado y georeferenciado empleando una tabla digitalizadora. Sus datos espaciales fueron almacenados en el SIG MapInfo5.5 y sus atributos no espaciales fueron codificados en una base de datos o tabla de atributos. Se obtuvieron hojas de Cartografía Nacional del estado Lara las cuales fueron digitalizadas y georeferenciadas. La imagen Landsat y el DEM fueron importados al programa ENVI y cortados de acuerdo a las coordenadas del área; luego sus datos espaciales fueron georeferenciados (resolución de 30 m x 30 m) a la proyección UTM (Universal Transverse Mercator), zona 19 Norte, WGS-84 y corregidos geométricamente usando 20 puntos de control ubicados en el mapa (cruce de caminos y centros poblados). Todos los datos fueron importados a los programas IDRISI, ArcInfo, ArcView, MapInfo y ENVI lo cual facilitó el uso, análisis y cartografía de las entidades espaciales del municipio. Se clasificaron los siguientes aspectos: Clima: Se usaron datos diarios de precipitación y temperatura (período 1984-2006) de estaciones meteorológicas (Cuadro 1) ubicadas en el área. Los valores de evapotranspiración potencial (ET₀), concentración de la precipitación, agresividad de la lluvia, provincias de humedad, balance hídrico, patrones estacionales y meses secos fueron calculados con estos datos.

Los valores de ET₀ fueron obtenidos aplicando la fórmula de Thornthwaite (1948): $e = 16 \times (10 \times$

$tm/I) a$ donde, e es la ET₀ mensual (mm), tm es la temperatura media mensual (° C), I es el índice de calor anual y a es un parámetro calculado de "I". I y a son calculados de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$I = \sum (ij) ; \quad j = 1, \dots, 12 \quad (\text{suma de los 12 índices de calor mensual}) ; \quad ij = (tmj/5) 1,514 ; \quad a = 0,000000675 \times I3 - 0,0000771 \times I2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

Los valores de provincias de humedad fueron obtenidos aplicando la ecuación del índice climático (IC) reportado por UNEP (1997), el cual define el período de deficiencia y exceso de humedad en un área, durante un período específico de tiempo: $IC = P/ET_0$ siendo, P la precipitación media anual y ET_0 la evapotranspiración potencial en mm.

La concentración de la precipitación en el año fue generado con el índice (ICP) propuesto por Oliver (1980): $ICP = 100 \sum p^2 / P$ donde p es la precipitación mensual (mm) y P la precipitación media anual (mm).

La agresividad de la lluvia fue caracterizada con el Índice Modificado de Fournier (IMF) propuesto por Arnoldus (1980). Este factor determina la capacidad o poder de la lluvia para causar erosión.

$$IMF = \sum p^2 / P, \quad p \text{ es la precipitación mensual (mm) y } P \text{ la precipitación media anual (mm)}$$

El período seco y los patrones estacionales de la lluvia fueron definidos con el criterio propuesto por Lobo et al (2006):

$$N^o \text{ meses secos} = P < 0,5 ET_0$$

$$N^o \text{ meses húmedos} = P > ET_0, \quad \text{siendo } P \text{ la precipitación mensual (mm) y } ET_0 \text{ la evapotranspiración potencial mensual (mm).}$$

Los datos obtenidos aplicando estas ecuaciones fue transferida al SIG ArcInfo.9. Por procedimientos de mapeo, el tema "estaciones climáticas" fue generado bajo formato vectorial. En vista de los efectos de la elevación sobre la precipitación y la temperatura, los valores fueron corregidos usando el DEM. Luego, los mapas de precipitación, temperatura, evapotranspiración, provincias de humedad, agresividad de la lluvia, patrones estacionales, meses secos e índice de concentración de las lluvias fueron generados usando la técnica de interpolación Kriging con un tamaño de celda o pixel de 30 m. Seguidamente los mapas fueron sobrepuertos para describir y demarcar el clima del área.

Fisiografía: Los mapas fueron derivados directamente del DEM utilizando la extensión “Spatial Analysis” en el SIG ArcInfo.9 a un tamaño de celda de 30 m.

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas usadas en el estudio con registros de precipitación y temperatura anuales, 1984-2006 (Fuente: MARNR-DGSIA.Dirección de Hidrología y Meteorología)

Estación	Altitud msnm	Longitud UTM	Latitud UTM	Precipitación mm	Temperatura °C
La Portería	512	321669,3 E	1154806,5 N	1059,7	26,4
El Burro	720	333798,6 E	1147871,1 N	1100,8	25,1
Quebrada Arriba	615	332059,8 E	1132455,0 N	879,0	25,8
Puricaure	520	340719,7 E	1115886,0 N	841,5	26,3
El Cují-Caracaras	460	347863,5 E	1115161,4 N	903,5	26,7
Prieto-Los López	539	345615,1 E	1107323,8 N	1024,0	26,2
El Empedrado	844	360168,2 E	1090737,0 N	955,0	24,4
Puente Villegas	621	363416,5 E	1080192,8 N	1059,5	25,7
Trentino-La Pastora	559	370595,5 E	1084524,3 N	894,9	26,1
Burere	430	363466,0 E	1117051,8 N	594,1	26,9
San Francisco	470	357004,5 E	1137783,0 N	636,6	26,6
Altagracia	479	367980,2 E	1143884,1 N	586,8	26,6
Los Pedernales	645	368652,3 E	1152729,2 N	677,5	25,6
El Carrizal	937	365572,3 E	1158362,8 N	813,9	23,8
Carora	406	381040,9 E	1125574,0 N	579,2	27,0
Carora-Granja	413	381264,3 E	1123254,9 N	434,3	27,0
Sabana Grande-T.S.	523	385612,9 E	1112612,3 N	676,2	26,3
Los Arangues	551	384503,0 E	1108253,8 N	702,9	26,1
Sicarigua	475	378050,1 E	1099796,6 N	805,1	26,6
San Pedro	1440	382589,9 E	1090934,9 N	1022,5	20,8
El Jabón	1499	376993,9 E	1084524,3 N	1022,1	20,5
Curarigua	627	399108,7 E	1105107,7 N	558,8	25,7
Arenales	428	400496,6 E	1122520,3 N	485,0	26,9
Río Tocuyo	388	397580,3 E	1134907,6 N	440,5	27,1
Cambural	550	431101,8 E	1151792,6 N	495,1	26,2
Torturia-San Pablo	720	422465,8 E	1120899,3 N	509,0	25,1
El Culebrero	510	410705,9 E	1115981,4 N	480,2	23,8
La Rivera	940	336328,9 E	1100831,6 N	1172,4	23,8
Banco de Baragua	787	434987,6 E	1121052,4 N	617,1	24,7
Guadalupe	582	425367,2 E	1109410,8 N	515,1	26,0
Las Cuatro	1952	388484,4 E	1076060,0 N	1231,8	17,7
Baragua	383	396834,6 E	1170132,6 N	293,5	27,2

Geología y suelos: Se utilizaron como base los mapas de geología y suelos del estado Lara. Los mismos fueron digitalizados en la Fundación para el Desarrollo de la Región Centroccidental (FUDECO), utilizando la información cartográfica generada por COPLANARH (1975) y se prepararon mapas del área de estudio utilizando los procesos de selección y edición del programa MapInfo 5.5. Nuevos atributos no espaciales (era, edad, geomorfología, formación y material parental) fueron añadidos a los

mismos, basándose en los estudios geológicos de Ferrer y de Paz (1985). En el caso de suelos, los atributos añadidos fueron la clasificación taxonómica de Soil Survey Staff (1975) a nivel de familia, grado de erosión de acuerdo a Arias y Comerma (1971), tipo de paisaje y características físicas, químicas y biológicas obtenidas de los estudios: suelos de la regiones montañosas de Matatere, Bobare, Trujillo, Barbacoas, Portuguesa, Baragua y Buena Vista (MARNR, 1993a; 1993b; 1993c).

Hidrología: El mapa fue digitalizado del mapa general analógico previamente escaneado y georeferenciado, y luego actualizado con la imagen Landsat.

Cobertura de la tierra: El mapa fue generado basándose en la información provista por la imagen de satélite, el DEM, un mapa digitalizado del estado Lara, escala 1:100.000 y visitas a campo. La clasificación, fase de asignación del tipo de cobertura y post-clasificación envolvió varias etapas en el software ENVI: interpretación de bandas, composiciones en color rojo, verde y azul; extracción de información temática de la imagen a través del índice de vegetación NVDI para identificar regiones sin vegetación; y finalmente, aplicación del método de clasificación DTC, el cual usa una serie de decisiones binarias para colocar los píxeles dentro de clases. Datos del NDVI, valores espectrales de la imagen, datos topográficos derivados del DEM y validación del tipo de cobertura en campo fueron usados para realizar la clasificación. Los resultados fueron mejorados mediante las técnicas post-clasificación de agrupación de píxeles de clasificación similar, remoción de píxeles aislados, combinación de clases, edición de color de clases y capas vectoriales.

Tipo de uso de la tierra: Sesenta productores del área vegetal fueron entrevistados, muestra representativa de la población total distribuida en el área agrícola del municipio de acuerdo al VI Censo Agrícola de 1997. La encuesta, basada en entrevistas cara a cara con el encuestado, fue realizada utilizando un cuestionario estructurado con preguntas cerradas y abiertas para obtener datos precisos y poder definir el tipo de uso de la tierra. Se creó un mapa vectorial de puntos con su base de datos, identificándose en cada unidad de producción del área cultivada, aspectos sociales, técnicos y económicos necesarios para hacer la evaluación de tierras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clima: El clima en el municipio Torres es definido como continental mixto (CM), cálido, excepto en las montañas, con acentuada

irregularidad de las lluvias y balance hídrico negativo a través del año. El balance hídrico muestra que el patrón de lluvia es bimodal, con una estación en abril-mayo y otra en agosto-noviembre con pico en octubre (Figura 1). La estación seca varía de acuerdo a la provincia de humedad. El balance de humedad establece ciertos cambios en el régimen, lo cual da origen a cuatro demarcaciones climáticas: semiárida, subhúmeda seca, subhúmeda húmeda y húmeda (Cuadro 2, Figura 2).

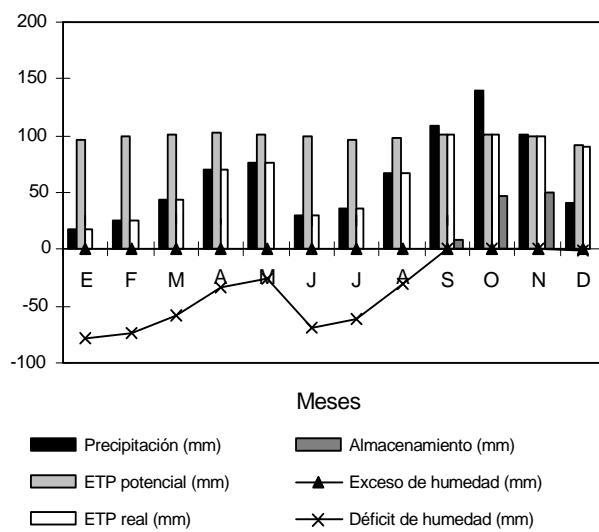


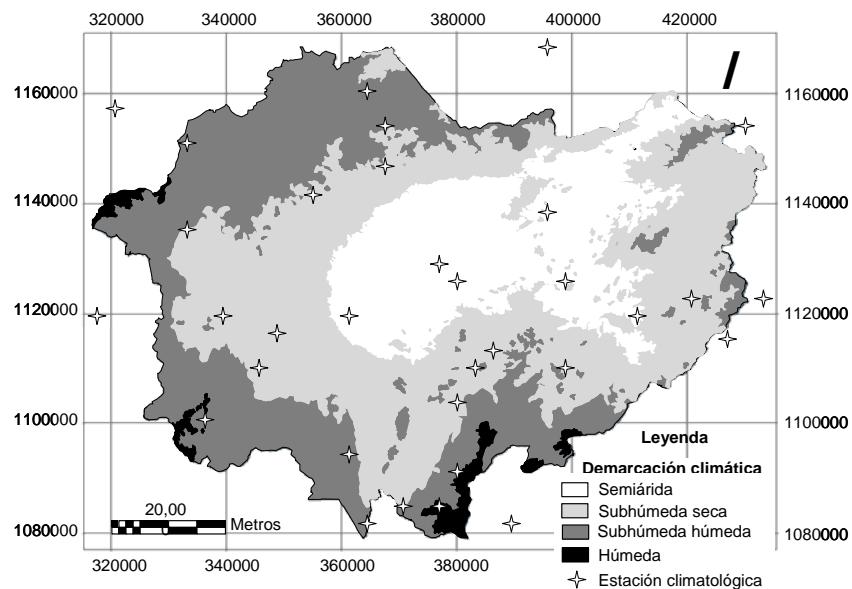
Figura 1. Balance hídrico en el municipio Torres

Fisiografía: Los mapas de pendiente y altitud del municipio (Figuras 3 y 4) permiten distinguir tres clases de paisajes: tierras altas, tierras de elevación media y tierras bajas (Ferrer y de Paz, 1985). Las altas son representadas por las regiones montañosas de los Andes al Sur (nacen los ríos Tocuyo, Guárico, Portuguesa y Cojedes) y Matatere y Bobare al norte. El relieve es rugoso por encima de los 1000 m, ocasionalmente es plano en valles y terrazas y la pendiente puede ser mayor al 30 %. En las tierras de elevación media, el relieve no excede los 1000 m y la topografía es también rugosa (pendiente de 8 a 20 %), y la mayor parte de los ríos son afluentes del Tocuyo cuyos terrenos son de origen aluvial. Se presentan paisajes misceláneos debido a que tierras planas, onduladas o rugosas se pueden encontrar juntas, por lo tanto no es posible generalizar su distribución. Son los tipos de paisaje conocidos como pie de montes y depresiones (altitud <600 m y pendiente <8 %).

Cuadro 2. Demarcaciones climáticas del municipio Torres

CCM	S	E	T	ET ₀	P	PE	MS	D	ALI	CLI	PH
Semiárido	CMsa	416-564	27-28	1250-1296	548-564	May y Ago-Nov (máx. en Oct)	7-11	0-810	Moderada a Alta	Estacional a Altamente estacional	Semiárida
Subhúmedo Seco	CMshs	511-921	26-28	1186-1274	663-805		4-11	0-637	Moderada a Alta	Altamente estacional	Subhúmeda seca
Subhúmedo Húmedo	CMshh	725-1524	24-27	725-1521	820-1060	May y Ago-Nov (máx. en Oct)	2-10	67-433	Moderada a Alta	Estacional	Subhúmeda húmeda
Húmedo	CMh	1398-2324	19-23	870-1060	1017-2324	Abr-May y Ago-Nov (máx. en Oct)	3-7	28-474	Alta	Estacional	Húmeda

CCM: clima continental mixto S: símbolo E: elevación (msnm) T: temperatura (°C) P: precipitación (mm) ET₀: evapotranspiración (mm) PE: patrón estacional de las lluvias MS: meses secos D: Déficit de humedad (mm) ALI: Agresividad de la lluvia CLI: concentración de las lluvias PH: provincias de humedad

**Figura 2.** Demarcaciones climáticas presentes en el municipio Torres

Geología y suelos: Los mapas de geología y suelos (Figuras 5 y 6) muestran que en el municipio están presentes tres eras geológicas: Secundario (Cretáceo Superior e Inferior), Terciario (Eoceno, Paleoceno, Oligoceno y Mioceno) y Cuaternario (Pleistoceno y Reciente). El Reciente se localiza en las depresiones siendo grava, arena, limo y arcilla aluvial sus componentes fundamentales. Hacia las zonas montañosas o terrazas están situados los otros períodos geológicos. El Pleistoceno está

formado por una mezcla de arcilla, limo, arena y grava, mientras que en el Eoceno/Palaeoceno dominan las areniscas, lutitas, caliza cristalina (ocasionalmente dolomita), arenisca calcárea o cuarzo y conglomerados. El Mioceno/Oligoceno predomina en frentes montañosos; su composición mineral está caracterizada por areniscas, lutitas, arcillas y margas. Las zonas formadas durante el Cretáceo son caracterizadas por lutitas, calizas y lutitas calcáreas férricas laminadas y estratificadas.

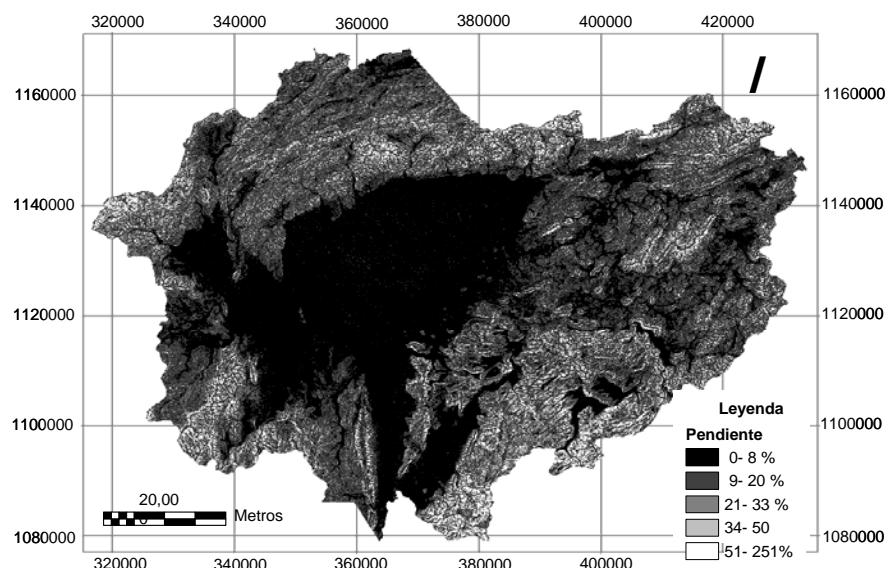


Figura 3. Rangos de pendiente en el municipio Torres

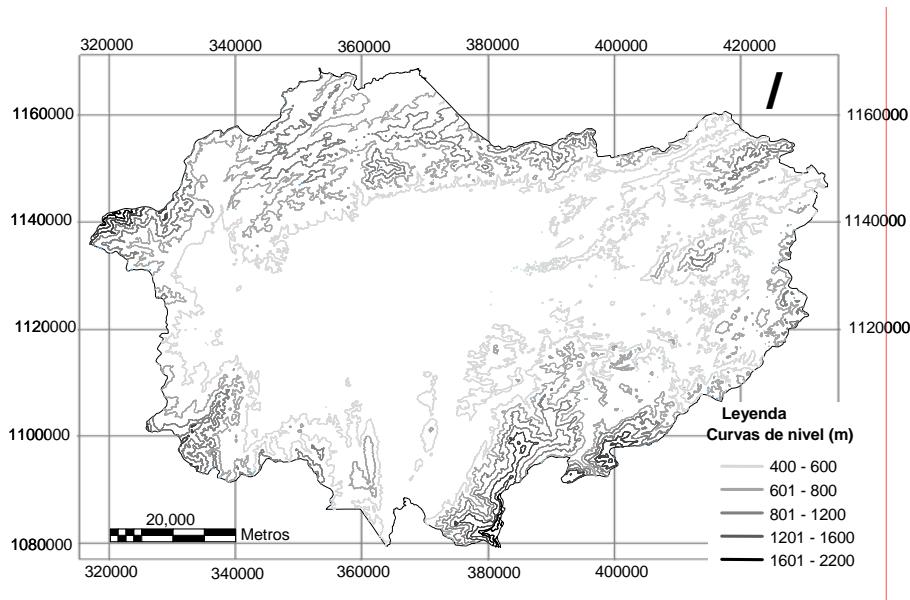


Figura 4. Rangos de altitud en el municipio Torres

En relación a los suelos se presenta una diferenciación regionalizada:

a) Región semiárida: en las áreas montañosas los suelos no son profundos, poseen grandes contenidos de piedras y fragmentos rocosos, predominando los de bajo desarrollo pedogenético, órdenes Entisol, Inceptisol y Aridisol (Orthids, con horizontes Cámbico, Cálcico, Gípsico, Petrocálcico o Sálico). En el

Inceptisol y el Aridisol, los suelos son más profundos. La mayoría de estos suelos están presentes en las regiones montañosas de Matatere y de Baragua (norte del municipio). En las depresiones, el proceso formativo más prominente, es el movimiento de carbonatos, yeso y otras sales, formándose un horizonte B Cámbico. Esto origina suelos del Gran Grupo Camborthids y en menor grado Calciorthids o Salorthids.

b) Región subhúmeda y húmeda: La geología, el clima y la topografía son los factores más determinantes en la evolución de estos suelos, los cuales tienen gran desarrollo pedogenético. En las áreas montañosas son similares a los de la región semiárida, pero el movimiento de arcillas del horizonte A al B es mayor. Hay predominio de los órdenes Alfisol y Ultisol. En los sectores donde predomina la piedra caliza se puede detectar un Mólico (alto contenido de bases) sobre un horizonte Cámbico. En suelos jóvenes situados en las depresiones, valles o bancos de ríos dominan

Inceptisoles y Entisoles.

Hidrología: Los principales ríos y reservorios de agua del municipio se muestran en la Figura 7. El río Tocuyo es el sistema hidrológico más grande. Sus aguas y algunos de sus tributarios se conducen para formar los embalses Atarigua, El Ermitaño, Los Quediches, Puricaure, El Papelón y pequeñas lagunas. El municipio cuenta también con siete sistemas pequeños de irrigación que cubren alrededor de 600 ha. Éstas son opciones potenciales para el crecimiento de la superficie agrícola.

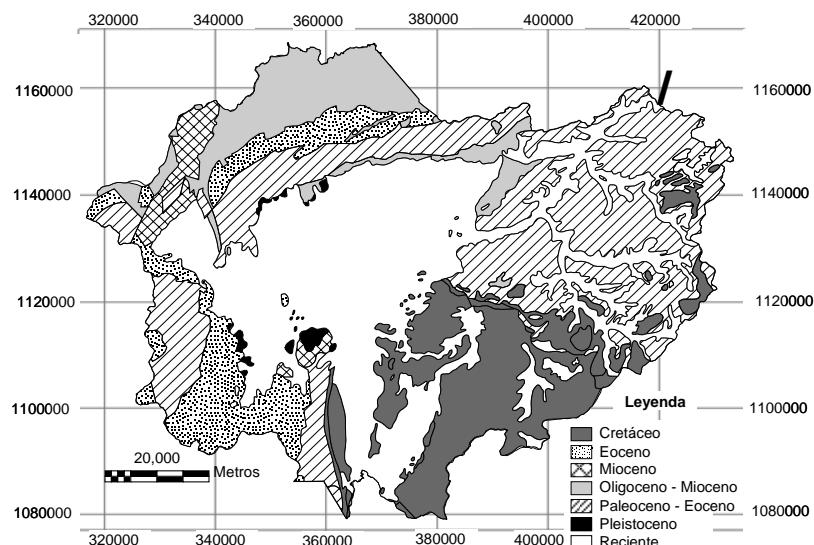


Figura 5. Períodos geológicos que presenta el municipio Torres

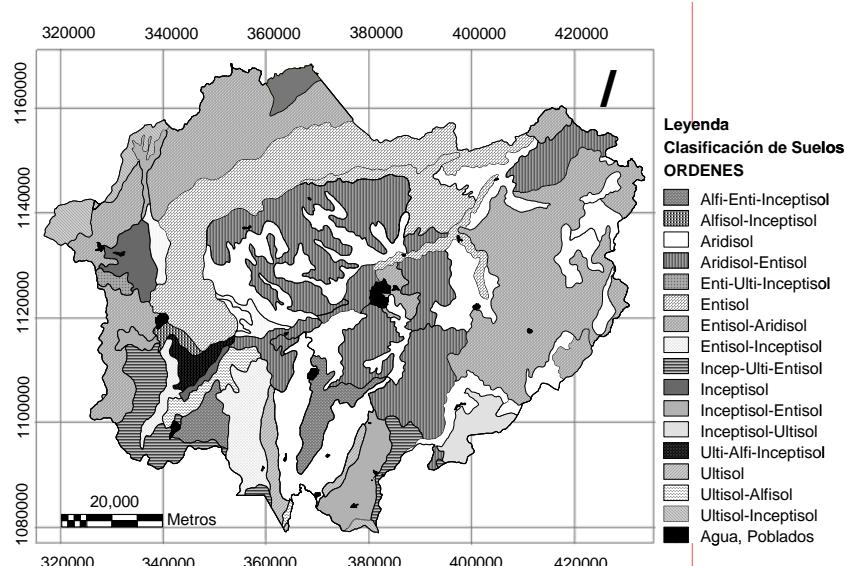


Figura 6. Clasificación de suelos a nivel de orden en el municipio Torres

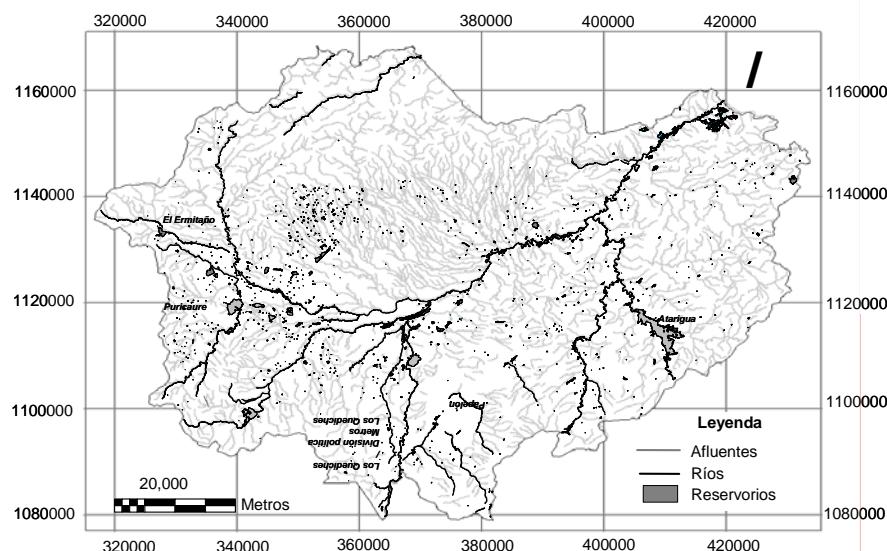


Figura 7. Hidrología del municipio Torres, ríos principales, afluentes y reservorios

Cobertura de la tierra: Los bosques ocupan 20 % del área y están localizados donde las condiciones de humedad son más favorables, áreas protegidas o zonas montañosas (Figura 8). En los bosques densos las copas cubren más del 75 % del suelo. Ocasionalmente muestran zonas claras que interrumpen la continuidad de la cubierta favoreciendo el desarrollo de un sotobosque, debido a mayor luz. Los bosques abiertos carecen de coberturas compactas, frecuentemente el sotobosque es más denso y está formado por plantas de troncos finos y bajo porte. Los arbustos o matorrales se localizan en la zona semiárida, sobre suelos rocosos o arenosos, abarcando un 15 % del municipio. Están conformados por plantas de porte alto y bajo, “siempre verdes” o deciduos, de consistencia leñosa, sin tronco principal y ramificados en la base. Cubren toda la superficie del suelo con una densidad variable. Con la vegetación espinosa forman una banda extensa, por lo que son llamados a veces arbustos espinosos. Los espinares (vegetación xerófila espinosa) con 19,47 % están presentes donde la topografía es plana o suavemente ondulada, no cubren el suelo en forma continua, algunos son arborescentes, de consistencia leñosa, herbácea o suculenta, pobres en diversidad y con densidad y biomasa cambiante con la estación de lluvia. Los cactus columnares, tunas y leguminosas (cujíes)

predominan en esta categoría. El resto del área (40,47 %) es cubierto por diversos tipos de coberturas que muestran diversos rangos de densidad y formas de distribución bajo la denominación de pastizales, cultivos o barbechos, vegetación dispersa o efímera, suelo desnudo o rocas y zonas urbanas. Los suelos desnudos o vegetación dispersa ocurren en áreas de la topografía plana (depresión), donde la humedad es la limitación principal. Estas categorías ocupan alrededor 26 % del área. Las zonas agrícolas están situadas en áreas con topografía plana y generalmente donde existen los espinares. Las técnicas de análisis espacial empleadas y la validación en campo comprobaron que la distribución de la cobertura en el municipio está relacionada definitivamente con las condiciones de suelo, clima y topografía, tal como lo señalaron en investigaciones anteriores (Smith, 1972; Ferrer y de Paz, 1985).

Tipo de utilización de la tierra: En la Figura 9 se muestra la ubicación geográfica de los productores entrevistados. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es el cultivo principal en el municipio, ocupando el 52 % de la superficie agrícola. Los productores son venezolanos, trabajan en familia, tienen un buen nivel de instrucción y están organizados en asociaciones o cooperativas. Son propietarios de la tierra y las

unidades de producción varían entre 1,5 a 20.000 ha. Rotan cultivos y utilizan los restos de cosecha en caña de azúcar y hortalizas. La siembra es manual, ocasionalmente mecanizada. La preparación de tierras es mecanizada y en áreas montañosas deforestan y queman la vegetación natural. El control de plagas, enfermedades y malezas lo realizan en forma

biológica, química y/o manual. Los cultivos son fertilizados con abonos orgánicos y/o inorgánicos, pero muy pocos productores realizan análisis de suelo. Casi todos utilizan irrigación por gravedad o surco y el agua usada proviene de las lluvias, de los ríos, lagunas, pozos profundos y embalses. La producción agrícola está orientada al mercado nacional.

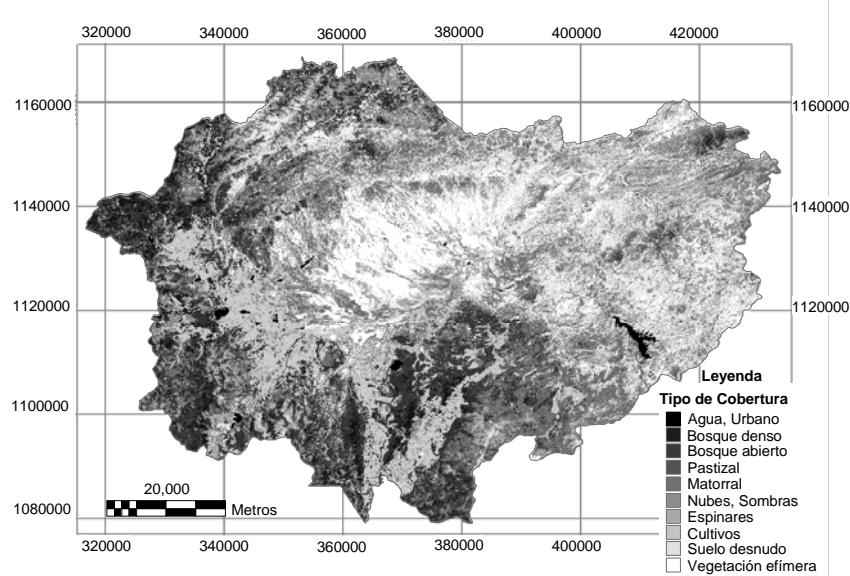


Figura 8. Tipos de cobertura de la tierra en el municipio Torres

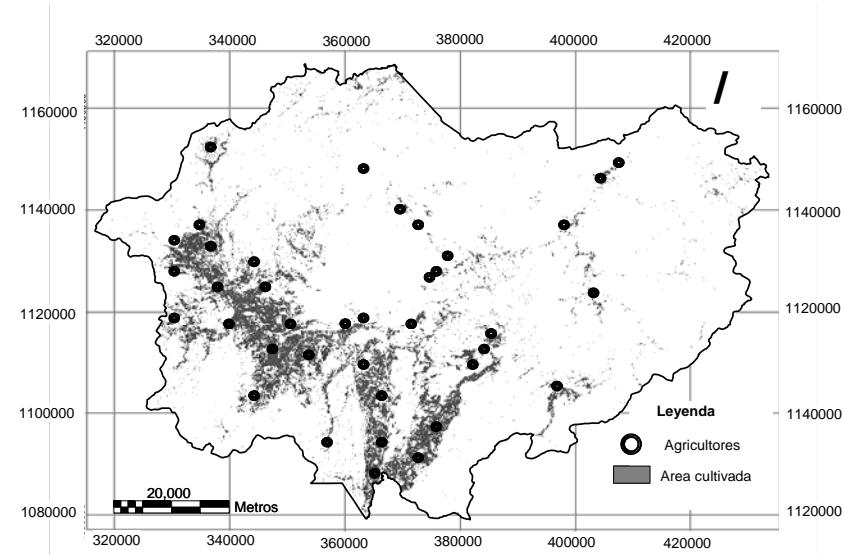


Figura 9. Área cultivada en el municipio Torres y ubicación geográfica de los productores entrevistados

CONCLUSIONES

El uso combinado de tecnologías espaciales (SIG, DEM y teledetección), mapas analógicos y

digitales, datos meteorológicos y visitas a campo, permitió la generación de información y mapeo de parámetros socioeconómicos y ambientales del municipio Torres en el estado Lara. Toda la

información que pueda ser generada mediante estos procedimientos sería de gran utilidad para realizar evaluaciones precisas de tierras, basándose en el modelo de FAO u otro modelo similar para agricultura de secano con fines agrícolas o ambientalistas.

LITERATURA CITADA

1. Arias, L. y J. Comerma. 1971. Un sistema para evaluar la capacidad productiva de los terrenos en Venezuela. Seminario de Clasificación Interpretativa con Fines Agropecuarios. Boletín de la SVCS. Maracay, Venezuela. 50 p.
2. Arnoldus, H. 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: M. De Boodt y D. Gabriels (ed) Assessment of erosion. Wiley and Sons, Inc. Chichester, West Sussex, UK. 127 – 132.
3. Barrett, E. y L. Curtis. 1992. Introduction to Environmental Remote Sensing. Chapman & Hall. London.
4. Basher, L. 1997. Is pedology dead and buried? Australian Journal Soil Research 35: 979-994.
5. Bouma, J. 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. Advances in Soil Science 9: 117-213.
6. Burrough, P. 1986. Principles Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. Oxford.
7. Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Edit. Ariel. Barcelona.
8. COPLANARH. 1975. Inventario Nacional de Tierras. Publicación N° 43. Tomos I y II. Caracas.
9. Davidson, D. 2002. The assessment of land resources: achievements and new challenges. Australian Geographical Studies 40(2): 109-128
10. FAO. 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. FAO. Rome.
11. FAO. 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Soils Bulletin 52. FAO. Rome.
12. FAO. 1996. Agro-ecological zoning guidelines. Soils Bulletin 73. FAO. Rome.
13. Ferrer, E. 2003. Análisis estructural preliminar de la Hoya del Río Tocuyo. 1er Parte. Serie Caracterización de la Hoya del Río Tocuyo. Lara, Venezuela. N° 04-04-12-02. 12 p.
14. Ferrer, E. y H. de Paz. 1985. Análisis ambiental de la Región Centro Occidental de Venezuela. FUDECO. Barquisimeto. 257 p.
15. Ferro, C y T. Warner. 2002. Scale and texture in digital image classification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68(1): 51-63.
16. Lobo, D., D. Gabriels, F. Ovalles, F. Santibáñez, M.C. Moyano, R. Aguilera, R. Pizarro, C. Sangüesa y N. Urra. 2006. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. UNESCO-CAZALAC. Documentos Técnicos del PHILAC (Montevideo) No. 3. 58 p.
17. MARNR. 1993a. Estudios de suelos de las sierras of Matatere y Bobare. Escala 1:250.000. MARNR. Caracas. 56 p.
18. MARNR. 1993b. Estudios de suelos de las sierras of Trujillo, Barbacoas y Portuguesa. Escala 1:250.000. MARNR. Caracas. 45 p.
19. MARNR. 1993c. Estudios de suelos de las sierras of Baragua y Buena Vista. Estados Lara y Falcón. Escala 1:250.000. MARNR. Caracas. 68 p.
20. Mitas, L. y H. Mitasova. 1998. Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention. Water Resources Research 34: 505-516.
21. Oliver, J. 1980. Monthly precipitation distribution: A comparative index. Professional Geographer 32(3): 300-309.
22. Smith, R. 1972. Vegetación actual de la Región

Centro Occidental: Falcón, Lara, Portuguesa y Yaracuy de Venezuela. Un resumen ecológico de acuerdo a la fotointerpretación. Boletín IFLA 39/40: 3-44.

23. Soil Survey Staff. 1975. Soil taxonomy. U.S. Dept. Agr. Handbook N° 436. U.S. Govt. Washington.

24. Thornthwaite, C. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38: 55-94.

25. UNEP. 1997. World Atlas of Desertification. N. Middleton N. y Thomas D. (eds.). United Nations Environment Programme. London. 182 p.